



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Máster
CURSO 2016/17

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

ALUMNA/O

Pablo Gómez Vidal

TUTORAS/ES

Javier López Montero

Manuel Ángel Graña López

FECHA

SEPTIEMBRE 2017

1 TÍTULO Y RESUMEN

ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS.

La realización de este Trabajo Fin de Máster tiene por finalidad realizar un estudio para optimizar las instalaciones de iluminación, calefacción y suministro de agua existentes en la Escuela Universitaria Politécnica de la UDC. Con ello se pretende además de renovar dichas instalaciones, conseguir un ahorro, tanto energético como económico, teniendo siempre presente la importancia de reducir la contaminación del medio ambiente. Las soluciones que se proponen son: la sustitución de la iluminación actual por iluminación led e instalación de un filtro de rechazo para eliminar la distorsión que producen estas nuevas luminarias, la sustitución de los equipos generadores de calor actuales que funcionan con combustibles fósiles por nuevos generadores de calor de biomasa y el aprovechamiento y utilización de las aguas pluviales recogidas mediante su almacenamiento y posterior suministro. Para ello se han realizado todos los cálculos necesarios y posteriormente, con el coste que supondría implementar estas medidas se ha realizado un estudio de viabilidad para decidir si sería o no rentable.

ESTUDO DE OPTIMIZACIÓN ENERXÉTICA DAS INSTALACIÓNS EXISTENTES NA ESCOLA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DA UDC MEDIANTE O USO DE ENERXÍAS ALTERNATIVAS.

A realización deste Traballo Fin de Mestrado, ten como finalidade realizar un estudo para optimizar as instalacións de iluminación, calefacción e suministro de auga existentes na Escola Universitaria Politécnica da UDC. Con isto, preténdese ademais de renovar ditas instalacións, obter un aforro tanto enerxético como económico, tendo sempre en conta a importancia de reducir a contaminación do medio ambiente. As solucións propostas son: a sustitución da iluminación actual por iluminación led e instalación dun filtro de rexeitamento para eliminar a distorsión producida polas novas luminarias, a sustitución dos equipos xeradores de calor actuais que funcionan con combustibles fósiles por novos xeradores de calor de biomasa e o aproveitamento e uso das augas pluviais recollidas mediante o seu almacenamento e posterior suministro. Para isto, relalizáronse todos os cálculos necesarios e posteriormente, co coste que suporía implementar estas medidas, realizouse un estudo de viabilidade para decidir si sería ou non rentable.

STUDY OF ENERGETIC OPTIMISATION ABOUT EXISTING FACILITIES AT THE ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA OF UDC THROUGH THE USE OF ALTERNATIVE ENERGY.

The achievement of this Master's degree Project aims to carry out a study to optimise existing lighting, heating and water supply facilities at the Escuela Universitaria Politécnica of UDC. With all this changes, the intention is to renew the facilities and obtain an energy and economic saving, trying to reduce the pollution of the environment. The proposed solutions are: replacing current lighting with LED lightning and installation of a rejection filter to eliminate the distortion produced by the new luminaires, replacing of existing heat-generating equipment that works with fossil fuels by new heat-generating equipment that works with biomass and the use of rainwater collected through its storage and subsequent supply. For this, all necessary calculations were made and finally a feasibility study was carry out to find out whether it would be profitable or not.

1. TÍTULO Y RESUMEN

Pablo Gómez Vidal



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/17**

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

ÍNDICE

ÍNDICE

1 Título y Resumen	3
2 MEMORIA.....	23
2.1 Objeto	25
2.2 Alcance.....	25
2.3 Antecedentes.....	25
2.4 Descripción de la actividad y del edificio	25
2.5 Normas y referencias	27
2.5.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	27
2.5.2 Bibliografía.....	28
2.5.3 Programas de cálculo	28
2.6 Definiciones y abreviaturas	28
2.7 Requisitos de diseño.....	28
2.8 Análisis de las soluciones	29
2.9 Resultados finales.....	29
2.10 Orden de prioridad de los documentos básicos	29
3 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	37
4 ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.....	41
4.1 Objeto	41
4.2 Alcance.....	41
4.3 Normas y referencias	41
4.4 Bibliografía.....	41
4.5 Programas de cálculo utilizados.....	41
4.6 Definiciones y abreviaturas	42
4.7 Requisitos de diseño.....	42
4.8 Consideraciones a tener en cuenta.....	42
4.9 Descripción de la instalación.....	44
4.10 Cálculos	45
4.10.1 Método de los lúmenes.....	45
4.10.2 Software Dialux.....	50
4.11 Resultados obtenidos	58
4.11.1 Planta sótano.....	58
4.11.2 Planta baja.....	60
4.11.3 Primera planta	64
4.11.4 Segunda planta.....	67

4.11.5 Tercera planta.....	69
4.11.6 Conclusiones finales.....	70
5 ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS.....	73
5.1 Objeto.....	73
5.2 Alcance.....	73
5.3 Normas y referencias.....	73
5.4 Bibliografía.....	73
5.5 Programas de cálculo utilizados.....	73
5.6 Definiciones y abreviaturas.....	74
5.7 Requisitos de diseño.....	74
5.8 Descripción de la instalación.....	75
5.9 Cálculos.....	77
5.9.1 Luminaria Philips SM461V W57L57 1xLED28S/840.....	77
5.9.2 Luminaria Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO.....	79
5.9.3 Luminaria Philips WT460C L700 1xLED23S/840 O.....	81
5.9.4 Luminaria Philips WT470C L1300 1xLED23S/840 VWB y WT470C L700 1xLED23S/840 O.....	83
5.9.5 Luminaria Philips RS343B 1xLED27S/840 MB.....	85
5.9.6 Luminaria Philips DN130B D165 1xLED10S/840.....	86
5.10 Resultados obtenidos.....	88
5.10.1 Planta Sótano.....	89
5.10.2 Planta Baja.....	90
5.10.3 Primera Planta.....	91
5.10.4 Segunda Planta.....	92
5.10.5 Tercera Planta.....	93
5.11 Diseño del filtro de rechazo.....	94
5.11.1 Descripción del funcionamiento.....	94
5.11.2 Cálculo del filtro de rechazo.....	95
6 ANEXO III: INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES.....	99
6.1 Objeto.....	99
6.2 Alcance.....	99
6.3 Normas y referencias.....	99
6.4 Programas de cálculo utilizados.....	99
6.5 Definiciones y abreviaturas.....	99
6.6 Bibliografía.....	100
6.7 Requisitos de diseño.....	100
6.8 Diseño de las instalaciones.....	100

6.8.1 Datos iniciales de partida	100
6.8.2 Solución propuesta	101
6.8.3 Elementos necesarios para llevar a cabo la instalación	101
6.9 Cálculos	104
6.9.1 Cálculos de la instalación de Almacenamiento de Aguas Pluviales	104
6.9.2 Cálculos de la instalación de Suministro de Aguas Pluviales	106
6.10 Conclusiones finales	111
7 ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN	115
7.1 Objeto	115
7.2 Alcance	115
7.3 Normas y referencias	115
7.4 Bibliografía	115
7.5 Programas de cálculo	116
7.6 Definiciones y abreviaturas	116
7.7 Requisitos de diseño	116
7.8 Diseño de la instalación	116
7.8.1 Datos iniciales de partida	116
7.8.2 Solución propuesta	118
7.8.3 Datos necesarios para llevar a cabo la renovación de la instalación	118
7.9 Cálculos	123
7.10 Conclusiones finales	128
8 PLANOS	133
8.1 Situación	133
8.2 Emplazamiento	134
8.3 Distribución Planta Sótano	135
8.4 Distribución Planta Baja	136
8.5 Distribución Primera Planta	137
8.6 Distribución Segunda Planta	138
8.7 Distribución Tercera Planta	139
8.8 Acotación y Superficies Planta Sótano	140
8.9 Acotación y Superficies Planta Baja	141
8.10 Acotación y Superficies Primera Planta	142
8.11 Acotación y Superficies Segunda Planta	143
8.12 Acotación y Superficies Tercera Planta	144
8.13 Instalación de Alumbrado Planta Sótano	145
8.14 Instalación de Alumbrado Planta Baja	146
8.15 Instalación de Alumbrado Primera Planta	147

8.16 Instalación de Alumbrado Segunda Planta.....	148
8.17 Instalación de Alumbrado Tercera Planta	149
8.18 Suministro de Aguas Pluviales Planta Sótano.....	150
8.19 Suministro de Aguas Pluviales Planta Baja.....	151
8.20 Suministro de Aguas Pluviales Primera Planta	152
8.21 Suministro de Aguas Pluviales Segunda Planta.....	153
8.22 Suministro de Aguas Pluviales Tercera Planta.....	154
8.23 Distribución Sala de Calderas	155
8.24 Esquema Instalación de Calefacción	156
9 PLIEGO DE CONDICIONES.....	161
9.1 Pliego de cláusulas administrativas	161
9.1.1 Disposiciones generales	161
9.1.2 Disposiciones facultativas. Delimitación general de funciones técnicas.	161
9.1.3 Disposiciones facultativas. De las obligaciones y derechos generales del constructor o contratista.....	166
9.1.4 Disposiciones facultativas. Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de edificación.	168
9.1.5 Disposiciones facultativas. Prescripciones generales relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.	170
9.1.6 Disposiciones facultativas. De las recepciones de edificios y obras anejas. .	173
9.1.7 Disposiciones económicas.....	177
9.1.8 Disposiciones económicas. De los precios.	178
9.1.9 Disposiciones económicas. Obras por administración.	180
9.1.10 Disposiciones económicas. Valoración y abono de los trabajos.....	182
9.1.11 Disposiciones económicas. Indemnizaciones mutuas.....	185
9.1.12 Disposiciones económicas. Varios.....	185
9.2 Pliego de condiciones técnicas particulares	187
9.2.1 Prescripción sobre los materiales.	187
9.2.2 Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra y Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado	197
10 ESTADO DE MEDICIONES	205
10.1 Instalación de Iluminación.....	205
10.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales	208
10.3 Instalación de Calefacción	213
11 PRESUPUESTO	225
11.1 Instalación de Iluminación.....	225
11.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales	228
11.3 Instalación de Calefacción	235

11.4 Resumen del Presupuesto	244
12 ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA	249
12.1 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	249
12.1.1 JUSTIFICACIÓN	249
12.1.2 INTRODUCCIÓN	249
12.1.3 METODOLOGÍA Y CONCEPTOS	249
12.1.4 CÁLCULOS	251
12.1.5 CONCLUSIONES	257
12.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	258
12.2.1 Memoria	258
12.2.2 Pliego de Condiciones	285

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Diagrama de bloques. Método de los lúmenes.	45
Figura 2.- Dimensiones del local y altura plano útil.	46
Figura 3.- Índice del local (k).	46
Figura 4.- Separación de las luminarias.	49
Figura 5.- Ángulos de Apantallamiento.	49
Figura 6.- Elaboración geometría del local.	50
Figura 7.- Inserción de superficies de cálculo.....	51
Figura 8.- Distribución de luminarias en el local.	51
Figura 9.- Luminaria Philips SM461V W57L57 1xLED28S/840	52
Figura 10.- Luminaria Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO.....	53
Figura 11.- Luminaria Philips WT460C L700 1xLED23S/840 O	53
Figura 12.- Luminaria Philips WT470C L1300 1xLED23S/840 VWB	54
Figura 13.- Luminaria Philips WT470C L700 1xLED23S/840 VWB	54
Figura 14.- Luminaria Philips RS343B 1xLED27S/840 MB	55
Figura 15.- Luminaria Philips DN130B D165 1xLED10S/840	55
Figura 16.- Vista en planta local ejemplo de cálculo.....	56
Figura 17.- Resultado distribución luminosa local ejemplo de cálculo	56
Figura 18.- Resultados UGR local ejemplo de cálculo.....	57
Figura 19.- Representación final 3D del local ejemplo de cálculo.....	58
Figura 20.- Ejemplos de onda ideal y onda distorsionada.	75
Figura 21.- Forma de onda luminaria 22 W	77
Figura 22.- Forma de onda luminaria 38,5 W	79
Figura 23.- Forma de onda luminaria 19,8 W	81
Figura 24.- Forma de onda luminarias 16,4 W	83
Figura 25.- Forma de onda luminaria 24 W	85
Figura 26.- Forma de onda luminaria 11,6 W	87
Figura 27.- Frecuencias ejemplo filtro de rechazo.....	95
Figura 28.- Filtro de rechazo	96
Figura 29.- Depósito almacenamiento aguas pluviales	102
Figura 30.- Características grupo de presión	103
Figura 31.- Ejemplo grupo de presión	103
Figura 32.- Tubería MLCP para suministro de agua.....	104
Figura 33.- Esquema de tramos de la instalación de suministro de aguas pluviales	107
Figura 34.- Disposición de los componentes del silo y la sala de calderas.....	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Valores de eficiencia energética.....	43
Tabla 2.- Potencias máximas de iluminación.	44
Tabla 3.- Factores de Reflexión e Índice del Local.....	47
Tabla 4.- Factores de Mantenimiento.....	47
Tabla 5.- Resumen separación luminarias.	49
Tabla 6.- Valores de obligado cumplimiento para el local ejemplo de cálculo	56
Tabla 7.- Resultados VEEI y potencia instalada local ejemplo cálculo	57
Tabla 8.- Resultados iluminancia local ejemplo de cálculo.....	57
Tabla 9.- Resultados luminotécnicos despachos planta sótano.	58
Tabla 10.- Resultados luminotécnicos salas de control planta sótano.....	59
Tabla 11.- Resultados luminotécnicos aulas planta sótano.	59
Tabla 12.- Resultados luminotécnicos servicios planta sótano.....	59
Tabla 13.- Resultados luminotécnicos almacenes planta sótano.	59
Tabla 14.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación planta sótano.	59
Tabla 15.- Resultados luminotécnicos despachos planta baja.	60
Tabla 16.- Resultados luminotécnicos servicios y vestuarios planta baja.	60
Tabla 17.- Resultados luminotécnicos aulas de práctica y laboratorios planta baja.....	61
Tabla 18.- Resultados luminotécnicos aulas de informática planta baja.	61
Tabla 19.- Resultados luminotécnicos aulas de preparación y talleres planta baja.	61
Tabla 20.- Resultados luminotécnicos aulas planta baja.	61
Tabla 21.- Resultados luminotécnicos vestíbulos planta baja.....	62
Tabla 22.- Resultados luminotécnicos salón de actos planta baja.....	62
Tabla 23.- Resultados luminotécnicos salas de control planta baja.....	62
Tabla 24.- Resultados luminotécnicos cafetería planta baja.....	63
Tabla 25.- Resultados luminotécnicos cocina planta baja.	63
Tabla 26.- Resultados luminotécnicos sala de profesores planta baja.	63
Tabla 27.- Resultados luminotécnicos almacenes planta baja.	63
Tabla 28.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación planta baja.	64
Tabla 29.- Resultados luminotécnicos despachos primera planta.	64
Tabla 30.- Resultados luminotécnicos servicios primera planta.	65
Tabla 31.- Resultados luminotécnicos aulas de prácticas y laboratorios primera planta.....	65
Tabla 32.- Resultados luminotécnicos aulas primera planta.....	65
Tabla 33.- Resultados luminotécnicos biblioteca primera planta.	66
Tabla 34.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación primera planta.....	66
Tabla 35.- Resultados luminotécnicos almacenes primera planta.	66
Tabla 36.- Resultados luminotécnicos despachos segunda planta.....	67

Tabla 37.- Resultados luminotécnicos servicios segunda planta.....	67
Tabla 38.- Resultados luminotécnicos aulas prácticas y laboratorios segunda planta....	67
Tabla 39.- Resultados luminotécnicos aulas segunda planta.	68
Tabla 40.- Resultados luminotécnicos almacenes segunda planta.....	68
Tabla 41.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación segunda planta.	68
Tabla 42.- Resultados luminotécnicos servicios tercera planta.	69
Tabla 43.- Resultados luminotécnicos servicios tercera planta.	69
Tabla 44.- Resultados luminotécnicos aulas de informática tercera planta.....	69
Tabla 45.- Resultados luminotécnicos aula de dibujo técnico tercera planta.	69
Tabla 46.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación tercera planta.....	70
Tabla 47.- Límites para equipos de clase C con $P > 25W$	75
Tabla 48.- Límites para equipos de clase C con $P < 25W$	75
Tabla 49.- Parámetros luminaria 22 W.....	77
Tabla 50.- Armónicos generados por la luminaria de 22W	78
Tabla 51.- Parámetros luminaria 38,5 W.....	79
Tabla 52.- Armónicos generados por la luminaria de 38,5W	80
Tabla 53.- Parámetros luminaria 19,8 W.....	81
Tabla 54.- Armónicos generados por la luminaria de 19,8W	82
Tabla 55.- Parámetros luminarias 16,4 W	83
Tabla 56.- Armónicos generados por las luminarias de 16,4W.....	84
Tabla 57.- Parámetros luminaria 24 W.....	85
Tabla 58.- Armónicos generados por la luminaria de 24W	86
Tabla 59.- Parámetros luminaria 11,6 W	87
Tabla 60.- Armónicos generados por la luminaria de 11,6 W	88
Tabla 61.- Demanda anual agua no potable.	105
Tabla 62.- Agua pluvial recogida anualmente	105
Tabla 63.- Capacidad necesaria depósito.	106
Tabla 64.- Diámetros de los tramos la red de suministro.....	108
Tabla 65.- Pérdidas de carga en tuberías	109
Tabla 66.- Pérdidas de carga totales.....	109
Tabla 67.- Caudales puntas e instalados por tramo.	110
Tabla 68.- Caudales punta e instalado en el edificio.	110
Tabla 69.- Equipos generadores instalados en la actualidad.....	117
Tabla 70.- Equipos generadores en funcionamiento en la realidad.	117
Tabla 71.- Emisiones CO_2 actuales.....	117
Tabla 72.- Datos técnicos caldera biomasa Herz Firematic 149.....	120
Tabla 73.- Consumos anuales posibles combustibles.	124

Tabla 74.- Costes unitarios y anuales de los posibles combustibles.	124
Tabla 75.- Dimensionado del silo de astillas.	125
Tabla 76.- Potencia de las nuevas calderas e inercia necesaria.	125
Tabla 77.- Dimensionado red tuberías sala calderas.....	127
Tabla 78.- Análisis Viabilidad Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales.....	253
Tabla 79.- Análisis Viabilidad Instalación de Calefacción	255
Tabla 80 Análisis Viabilidad Instalación de Calefacción con Subvención	256



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2016/17

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

MEMORIA

ÍNDICE

2 MEMORIA.....	23
2.1 Objeto.....	25
2.2 Alcance.....	25
2.3 Antecedentes.....	25
2.4 Descripción de la actividad y del edificio	25
2.5 Normas y referencias.....	27
2.5.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	27
2.5.2 Bibliografía.....	28
2.5.3 Programas de cálculo	28
2.6 Definiciones y abreviaturas	28
2.7 Requisitos de diseño.....	28
2.8 Análisis de las soluciones	29
2.9 Resultados finales.....	29
2.10 Orden de prioridad de los documentos básicos	29

2 MEMORIA

- PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS - TFM 16_17 Nº8.
- Las instalaciones objeto de proyecto se llevarán a cabo en el Ayuntamiento de Ferrol, provincia de A Coruña, ubicado concretamente en el lugar de Serantes, con domicilio en Avenida 19 de Febrero s/n con coordenadas GPS: 43° 28' 53.292" N 8° 13' 21.504" W.
- La parcela tiene una superficie aproximada de 10000 m² como se puede ver en los planos facilitados que forman parte de la documentación gráfica.
- El presente proyecto se redacta para la Escuela Politécnica Superior de Ferrol con domicilio en R/ Mendizábal s/n, 15403, Ferrol, con objeto de que sirva como Trabajo Fin de Máster en Ingeniería Industrial para el alumno.
Teléfono: 981337400 Correo electrónico: direc_eps@udc.es
- El encargado de la realización del proyecto es Pablo Gómez Vidal con DNI 53307994-C, estudiante del Máster en Ingeniería Industrial con domicilio en C/Antonio Ríos Nº29 2ºB.
Teléfono: 664341576 Correo electrónico: pablo.gomezv@udc.es
- En Ferrol, a 7 de Septiembre de 2017

2.1 Objeto

El presente proyecto tiene como objeto el rediseño y cálculo, tanto técnico como económico, de las instalaciones existentes de iluminación, calefacción y almacenamiento y suministro de aguas pluviales, para poder conseguir un gran ahorro energético garantizando siempre las condiciones apropiadas de habitabilidad y un adecuado nivel de confort dentro del edificio.

El proyecto está formado por la memoria descriptiva en la que se justifican las soluciones adoptadas y, conjuntamente con los planos y pliego de condiciones, describe de forma unívoca el objeto del Proyecto.

2.2 Alcance

Los puntos que abarca este proyecto de optimización energética de un edificio dedicado a la enseñanza universitaria pública son los siguientes:

- Situación y emplazamiento de la instalación.
- Distribución en planta de las estancias y el mobiliario necesario.
- Estudio y diseño detallado de la iluminación interior.
- Estudio de armónicos y diseño de un filtro de rechazo para eliminarlos.
- Estudio y diseño del almacenamiento y suministro de aguas pluviales.
- Estudio y diseño de la instalación de calefacción.
- Realización del pliego de condiciones que recoge la normativa a aplicar para la consecución de los alcances anteriores.
- Realización de las mediciones necesarias para llevar a cabo las instalaciones.
- Presupuesto de los materiales y montaje de las instalaciones.
- Estudio de viabilidad del proyecto.
- Estudio de seguridad y salud.

2.3 Antecedentes

Se redacta este Proyecto asignado por la Escuela Politécnica Superior de Ferrol (EPS), con el Título "Proyecto de optimización energética de las instalaciones de la Escuela Universitaria Politécnica de la UDC mediante el uso de energías alternativas" para su presentación como Trabajo Fin de Máster.

2.4 Descripción de la actividad y del edificio

El edificio objeto de proyecto "Escuela Universitaria Politécnica", construido en 1987 y con varias reformas posteriores, es un edificio público destinado a uso docente. En él se imparten los Grados de Ingeniería Eléctrica y Grado en Ingeniería Electrónica y Automática, así como el Máster Universitario en Eficiencia y Aprovechamiento Energético.

Dicho edificio, construido sobre una parcela de aproximadamente 10.000 m², está dividido en cinco plantas, entre las que se incluye un sótano. Las funciones del edificio son esencialmente educativas, por lo que a lo largo de las plantas, nos encontraremos mayormente con diferentes tipos de aulas, despachos y laboratorios, aunque también hay lugares destinados al estudio como la biblioteca o al ocio y descanso, como la cafetería.

Entre las 5 plantas se reparten los casi 11.000 m² de los que consta el edificio para dar cabida a los 236 locales en los que está repartido.

2. MEMORIA

Pablo Gómez Vidal

La planta sótano, tiene una superficie total construida de 714,27 m², de los cuáles 627,47 m² son útiles. Además consta de una zona abierta de 21,95 m².

La superficie útil está repartida en 21 locales:

- Siete despachos.
- Seis almacenes de material.
- Dos aulas: un aula docente y un aula de medios audiovisuales.
- Dos aseos: un aseo de hombres y un aseo de mujeres.
- Una sala de control para bombas de contra incendios.
- Un espacio destinado a reprografía.
- Dos zonas comunes de paso y circulación.

La planta baja del edificio es la de mayor superficie, consta de una superficie total construida de 4401 m², de los cuáles 3975,17 m² son útiles. Esta planta, al igual que la anterior, consta de una superficie abierta total de 232,2 m² que están divididos en tres zonas.

Al acceder a dicha planta nos encontramos con que se encuentra repartida en 104 locales:

- Veintitrés despachos.
- Catorce almacenes de material.
- Dieciséis zonas comunes de paso y circulación.
- Ocho aseos: tres de hombres, tres de mujeres y dos destinados al personal de cafetería.
- Doce aulas destinadas al uso de prácticas y laboratorios.
- Cuatro aulas destinadas a preparación y talleres.
- Un aula net
- Nueve salas de control, entre las que se incluyen las tres salas de calderas y la antesala, la sala del transformador y la del grupo electrógeno, la sala de bombas, la sala de cuadros eléctricos y la sala que alberga la maquinaria del ascensor.
- Cinco espacios destinados a vestíbulos.
- Una sala de profesores.
- Una sala de juntas.
- Una zona de recepción o conserjería.
- Una zona de cafetería y comedor, con cocina independiente.
- Un salón de actos, que incluye, cabina y dos camerinos.
- Un espacio con una cabina insonorizada.
- Una zona destinada a la administración y secretaría.

La primera planta del edificio consta de una superficie total construida de 2504,55 m², de los cuáles 2058,48 m² son útiles. Cabe destacar que incorpora también una pasarela cubierta de 76,16 m² para dar paso a otra zona del edificio. Esta superficie útil está dividida en 48 locales, cuya repartición se muestra a continuación:

- Quince despachos.
- Seis almacenes de material.
- Diez zonas comunes de paso y circulación.
- Cuatro aseos, dos de mujer, uno de hombres y una zona destinada a vestuario.
- Tres aulas destinadas a prácticas y laboratorios.
- Siete aulas destinadas a uso docente.
- Una biblioteca, repartida en dos zonas de estanterías y una zona de lectura.

La segunda planta tiene una superficie similar a la primera, consta de 2265,48 m² construidos, de los cuáles tenemos 2000,61 m² útiles que son aprovechados para albergar los siguientes 47 locales:

- Dieciocho despachos.
- Tres almacenes de material.

- Nueve zonas comunes de paso y circulación.
- Dos aseos, uno de hombres y otro de mujeres.
- Ocho aulas destinadas a prácticas y laboratorios.
- Siete aulas destinadas a uso docente.

Y por último una tercera planta que consta de una superficie total construida de 1071,43 m², de los cuáles 928,37 m² son aprovechables y se reparten en los 16 siguientes locales:

- Seis despachos.
- Cuatro zonas comunes de paso y circulación.
- Dos aseos, uno de hombres y otro de mujeres.
- Tres aulas destinadas a prácticas de informática.
- Un aula destinada a dibujo técnico.

Toda esta información acerca de la distribución y superficies del edificio puede verse de manera más detallada en los documentos gráficos que se muestran en el apartado de Planos de dicho proyecto.

2.5 Normas y referencias

2.5.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

En la redacción del presente proyecto se han tenido en cuenta todas y cada una de las especificaciones contenidas en las Reglamentaciones y Normas que se relacionan a continuación. A su vez se han incluido en los anexos correspondientes las normas que les afectan y que, en el caso de no figurar en la relación siguiente, se han tenido cuenta para el Proyecto y se tendrán en cuenta para la ejecución de aquellas partes que le afecten.

- Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, BOE 28 de marzo del 2006.
- Orden FOM/588/2017, de 15 de Junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo.
- Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, BOE de 18 de septiembre del 2002.
- Real Decreto 1027/2007 de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, BOE 29 de agosto del 2007.
- Corrección de errores del RITE (BOE del 28 de Febrero de 2008).
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras en construcción, BOE 25 de octubre del 1997.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, BOE 23 de abril del 1997.
- Real Decreto 614/2001 de 8 de Junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico, BOE 21 de junio del 2001.
- Real Decreto 286/2006 de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido, BOE 11 de marzo del 2006.
- Norma UNE-EN_ISO_5457=2000_Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.
- Norma UNE 12464-1 de Febrero del 2012 "Iluminación de los lugares de trabajo".

2.5.2 Bibliografía

Se han utilizado los siguientes manuales:

- Catálogo de luminarias perteneciente a Philips.
- Catálogo técnico de calefacción con astilla perteneciente a Herz.
- Catálogo técnico de depósitos de inercia perteneciente a Herz.
- Manual técnico y catálogo tuberías y accesorios UPONOR.
- Catálogo técnico fontanería Grupo Almesa.
- Catálogo accesorios y valvulería Salvador Escoda S.A.
- Catálogo filtros agua GRAF.
- Catálogo grupos de presión Ebara.

2.5.3 Programas de cálculo

Para la realización de dicho proyecto se han utilizado los siguientes soportes informáticos:

- Microsoft Office WORD 2007 como tratamiento de textos.
- Microsoft Office EXCEL 2007 para la confección de tablas y cálculos matemáticos.
- Programa de diseño AUTOCAD 2013 para el desarrollo gráfico y creación de planos.
- Software DIALux 4.13 para los cálculos luminotécnicos.
- Adobe Acrobat Reader DC para la conversión de documentos a formato pdf.

2.6 Definiciones y abreviaturas

En este apartado del proyecto, Memoria descriptiva, todas las abreviaturas que se utilicen estarán especificadas o definidas previamente, mientras que en los anexos las diferentes abreviaturas utilizadas serán definidas en un apartado independiente.

2.7 Requisitos de diseño

Para efectuar el dimensionado de las diferentes instalaciones se tendrá en cuenta como punto de partida el uso del edificio, sabiendo que es un edificio de carácter público destinado a la enseñanza, uso docente, además también se valorará la situación geográfica y el nivel de ocupación del edificio, estipulado en 5 días a la semana durante la totalidad del año, exceptuando los períodos vacacionales, lo que supone un período de apertura de 240 días al año.

En cuanto al nivel de ocupación y tras observar los informes que emite anualmente la Universidad de la Coruña, se ha obtenido que en el centro hay un total de 391 personas que son alumnos y alrededor de otras 50 que forman parte del profesorado y personal de secretaría y administración, lo que nos lleva a un total de 441 personas. De este total, el 82,8% aproximadamente son hombres (365) mientras que el 18,2% restante (76) son mujeres.

En cuanto a los accesos hay que decir que existen dos accesos mediante carreteras asfaltadas. El acceso principal es el que tiene entrada por Avenida 19 de Febrero s/n, y desde él se podrá acceder a todas estancias del centro. Asimismo el edificio consta también de una entrada trasera por el lado opuesto, en concreto por la pista Aldea Aneiros, tal y como puede verse en los planos que forman parte de la documentación gráfica de dicho proyecto.

Por otra parte es importante tener en cuenta que la presente edificación enlazará con todas las redes públicas de servicios (electricidad, agua, alcantarillado) para satisfacer los requerimientos de las diferentes instalaciones diseñadas, motivo por el cual el grado de eficiencia alcanzado dependerá exclusivamente de los sistemas complementarios empleados (iluminación led, calderas de biomasa y aprovechamiento de aguas pluviales) para alcanzar tal fin.

2.8 Análisis de las soluciones

En el presente proyecto, no es de interés indicar las distintas alternativas estudiadas, los caminos que se han seguido para llegar a ellas, las ventajas e inconvenientes de cada una y cuál es la solución elegida y su justificación.

La razón es que no hay elementos críticos que justifiquen la necesidad de dejar constancia escrita del análisis comparativo realizado con sus posibles soluciones.

2.9 Resultados finales

El proyecto tiene como fin la realización y cálculo de las diferentes instalaciones citadas en el alcance del proyecto para conseguir una mayor eficiencia energética, por lo tanto no existen unos resultados finales globales, sino que cada instalación consta de un anexo específico en el que se diseña dicha instalación con sus cálculos y resultados finales correspondientes. Por lo tanto, los resultados finales de cada instalación comprendida por el proyecto pueden verse al final del anexo de la misma, así como en los planos específicos que nos muestran una visión más gráfica y esquemática.

2.10 Orden de prioridad de los documentos básicos

En relación con las posibles discrepancias entre los documentos básicos del Proyecto, el orden de prioridad es el que viene indicado de forma general en la UNE 157001:2002 sin más consideraciones, es decir:

1. PLANOS
2. PLIEGO DE CONDICIONES
3. PRESUPUESTO
4. MEMORIA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2016/17

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

ANEXOS

ÍNDICE

3 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA.....	37
4 ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.....	41
4.1 Objeto.....	41
4.2 Alcance.....	41
4.3 Normas y referencias.....	41
4.4 Bibliografía.....	41
4.5 Programas de cálculo utilizados.....	41
4.6 Definiciones y abreviaturas.....	42
4.7 Requisitos de diseño.....	42
4.8 Consideraciones a tener en cuenta.....	42
4.9 Descripción de la instalación.....	44
4.10 Cálculos.....	45
4.10.1 Método de los lúmenes.....	45
4.10.2 Software Dialux.....	50
4.11 Resultados obtenidos.....	58
4.11.1 Planta sótano.....	58
4.11.2 Planta baja.....	60
4.11.3 Primera planta.....	64
4.11.4 Segunda planta.....	67
4.11.5 Tercera planta.....	69
4.11.6 Conclusiones finales.....	70
5 ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS.....	73
5.1 Objeto.....	73
5.2 Alcance.....	73
5.3 Normas y referencias.....	73
5.4 Bibliografía.....	73
5.5 Programas de cálculo utilizados.....	73
5.6 Definiciones y abreviaturas.....	74
5.7 Requisitos de diseño.....	74
5.8 Descripción de la instalación.....	75
5.9 Cálculos.....	77
5.9.1 Luminaria Philips SM461V W57L57 1xLED28S/840.....	77
5.9.2 Luminaria Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO.....	79
5.9.3 Luminaria Philips WT460C L700 1xLED23S/840 O.....	81

5.9.4 Luminaria Philips WT470C L1300 1xLED23S/840 VWB y WT470C L700 1xLED23S/840 O	83
5.9.5 Luminaria Philips RS343B 1xLED27S/840 MB	85
5.9.6 Luminaria Philips DN130B D165 1xLED10S/840	86
5.10 Resultados obtenidos	88
5.10.1 Planta Sótano	89
5.10.2 Planta Baja	90
5.10.3 Primera Planta	91
5.10.4 Segunda Planta	92
5.10.5 Tercera Planta	93
5.11 Diseño del filtro de rechazo.....	94
5.11.1 Descripción del funcionamiento	94
5.11.2 Cálculo del filtro de rechazo.....	95
6 ANEXO III: INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES.....	99
6.1 Objeto.....	99
6.2 Alcance.....	99
6.3 Normas y referencias.....	99
6.4 Programas de cálculo utilizados.....	99
6.5 Definiciones y abreviaturas	99
6.6 Bibliografía.....	100
6.7 Requisitos de diseño.....	100
6.8 Diseño de las instalaciones.....	100
6.8.1 Datos iniciales de partida.....	100
6.8.2 Solución propuesta	101
6.8.3 Elementos necesarios para llevar a cabo la instalación	101
6.9 Cálculos.....	104
6.9.1 Cálculos de la instalación de Almacenamiento de Aguas Pluviales	104
6.9.2 Cálculos de la instalación de Suministro de Aguas Pluviales	106
6.10 Conclusiones finales	111
7 ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN	115
7.1 Objeto.....	115
7.2 Alcance.....	115
7.3 Normas y referencias.....	115
7.4 Bibliografía.....	115
7.5 Programas de cálculo	116
7.6 Definiciones y abreviaturas	116
7.7 Requisitos de diseño.....	116

7.8 Diseño de la instalación	116
7.8.1 Datos iniciales de partida	116
7.8.2 Solución propuesta	118
7.8.3 Datos necesarios para llevar a cabo la renovación de la instalación.....	118
7.9 Cálculos.....	123
7.10 Conclusiones finales	128

3 DOCUMENTACIÓN DE PARTIDA

A continuación se expone el documento de asignación de Trabajo de Fin de Máster en Ingeniería Industrial, con el título y los tutores siguientes:

TFG e TFM matriculados no curso 2016/2017

53307994C Pablo Gómez Vidal

Información do/s contido/s de TFG e TFM

Amósanse a continuación o/s contido/s de tipo TFG e TFM nos que te matriculaches no ano indicado. Tamén poderás visualizar o titor ou codirector que teñas asociado no caso de que se levara a cabo a asignación correspondente.

● [4497V01] Mestrado Universitario en Enxeñaría Industrial

Materia: [4497015] Estudo de optimización enerxética das instalacións existentes na EUP da UDC mediante o uso de enerxías alternativas

Titor/es: Francisco Javier López Montero (Director)

[Preme aquí para actualizar o título](#)

Manuel Ángel Graña López (-Director)

[Preme aquí para actualizar o título](#)



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/17**

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

4 ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

4.1 Objeto

El objeto de este anexo es el cálculo y dimensionado de la instalación de alumbrado en el edificio citado en base a los niveles de iluminación en las diferentes estancias conforme a la legislación y normativas en vigor.

En este anexo también se especifican las características de las luminarias empleadas, así como el número de ellas necesarias en cada zona para alcanzar los niveles mínimos de iluminación exigidos. Para llevar a cabo el estudio lumínico en cuestión se especifican las marcas y modelos de las luminarias a emplear, sin embargo, podrán utilizarse otras de características equivalentes o similares.

4.2 Alcance

El alcance de la instalación de iluminación consiste en la renovación, elección y especificación del tipo de luminarias a utilizar en cada una de las dependencias del edificio para conseguir un elevado nivel de confort cumpliendo con la normativa vigente.

4.3 Normas y referencias

En el presente proyecto, como bien indicamos antes, los cálculos de luminarias y demás deberán cumplir con lo dispuesto en las siguientes normas:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, aprobado por el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002.
- Norma UNE 12464-1 de Febrero del 2012 "Iluminación de los lugares de trabajo".
- Código Técnico de la Edificación, Documento Básico HE "Ahorro de energía", Sección HE3 "Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación".
- Real Decreto 1027/2.007, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas (IT).
- Corrección de errores del RITE (BOE del 28 de Febrero de 2008).

4.4 Bibliografía

La bibliografía utilizada ha sido:

- Catálogo Philips.
- Catálogo Legrand.

4.5 Programas de cálculo utilizados

Se ha utilizado como programa de cálculo para la potencia Microsoft Excel, y para el cumplimiento de los niveles de iluminancia de obligado cumplimiento el software DIALUX 4.13, con el correspondiente catálogo de Philips.

4.6 Definiciones y abreviaturas

Las abreviaturas a las que se hace referencia en este anexo son las que se citan a continuación:

- DB: Documento básico.
- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- REBT: Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- P: Potencia (unidades en Watios)
- E: Intensidad lumínica (unidades en luxes)
- VEEI: Valor de eficiencia energética (unidades en $W/m^2/100lux$)
- UGR: Índice de deslumbramiento unificado.
- m: metros.
- W: vatios.

4.7 Requisitos de diseño

En el apartado de cálculos puede verse como se ha seleccionado el tipo de alumbrado más adecuado para cada estancia en base al nivel lumínico requerido en cada una de ellas.

Como criterio de partida para el dimensionado de la instalación de alumbrado se decide emplear luminarias de bajo consumo (leds) con la menor potencia posible, siempre y cuando se cumplan los requisitos establecidos, con el fin de lograr el mayor aprovechamiento energético posible.

Por otra parte se han tenido en cuenta la calidad de limitación de deslumbramiento directo de cada luminaria y el rendimiento de color de la lámpara recomendado en función de la instalación, controlando que sus valores se encuentren dentro de los límites especificados por ser parámetros de obligado cumplimiento.

4.8 Consideraciones a tener en cuenta

La instalación proyectada debe de cumplir con lo dispuesto en las normas que se citan en el apartado 4.3 de dicho anexo.

En primer lugar, para establecer los valores de iluminancia media necesaria en cada estancia se ha seguido lo estipulado tanto en los documentos la "Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo" como en la norma UNE-EN 12464-1 del 2012 "Iluminación de los lugares de trabajo". Eligiendo en caso de duda el valor más restrictivo.

A continuación para conseguir una instalación eficiente energéticamente se han seguido las pautas que se marcan en El Código Técnico de la Edificación, en el Documento Básico HE sobre el ahorro de energía de septiembre de 2013, en concreto en la Sección HE3 "Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación". Los parámetros que debemos de cumplir son los que se exponen a continuación:

- Índice del local (K).
- Número de puntos considerados en el proyecto.
- Factor de mantenimiento (Fm).
- La iluminancia media horizontal mantenida (E_m) obtenida.
- El índice de deslumbramiento unificado (UGR).
- Los índices de rendimiento de color (RA) de las lámparas utilizadas.
- El valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI).
- Las potencias de los conjuntos lámpara más equipo (P).
- La uniformidad de la iluminancia (U_0)

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Además este documento establece también que las instalaciones de iluminación de los edificios serán adecuadas a las necesidades de sus usuarios y eficaces energéticamente incorporando un sistema de control para ajustar el encendido según la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación destinado a conseguir un mayor aprovechamiento de la luz natural en las zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

Por ello en todas las aulas y en la biblioteca, ya que se consideran las estancias de más uso y donde mejores condiciones se han de tener, se instalarán sensores de presencia y de regulación lumínica automáticos en función de la intensidad de la luz natural. De igual manera se instalarán también sensores de presencia 360º en las zonas comunes, para conseguir un mayor confort y ahorro.

Se tomarán como referencia los criterios fijados para los términos de potencia máxima de iluminación (W/m^2) y eficiencia energética ($W/m^2/100lx$) de los locales tratados explicados a continuación.

La eficiencia energética de una zona de la instalación de iluminación, VEEI ($W/m^2/100 lux$), se determinará a través de la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m}$$

P = Potencia total instalada de lámparas más equipos auxiliares (W).

S = Superficie iluminada (m^2).

E_m = Iluminancia media horizontal (lux).

Y los valores límite de dicho parámetro vienen dados en función de la zona de actividad en el edificio en la tabla 3.1.2.1.1 del citado documento.

Zonas de actividad diferenciada	VEEI límite
administrativo en general	3,0
andenes de estaciones de transporte	3,0
pabellones de exposición o ferias	3,0
salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
recintos interiores no descritos en este listado	4,0
zonas comunes ⁽⁴⁾	4,0
almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
aparcamientos	4,0
espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
zonas comunes en edificios no residenciales	6,0
centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
religioso en general	8,0
salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
tiendas y pequeño comercio	8,0
habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Tabla 1.- Valores de eficiencia energética.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

La máxima potencia permitida en la instalación de iluminación de cada estancia, teniendo en cuenta la potencia de lámparas y equipos auxiliares, no podrá superar los valores que se especifican a continuación:

Uso del edificio	Potencia máxima instalada [W/m ²]
Administrativo	12
Aparcamiento	5
Comercial	15
Docente	15
Hospitalario	15
Restauración	18
Auditorios, teatros, cines	15
Residencial Público	12
Otros	10
Edificios con nivel de iluminación superior a 600lux	25

Tabla 2.- Potencias máximas de iluminación.

En nuestro caso por tratarse de un edificio con uso docente, $P < 15 \text{ W/m}^2$.

En cuanto al resto de los parámetros que se han de cumplir (UGR , RA , E_m , U_0) hay que decir que dependen del tipo de interior, tarea y actividad, por lo que dependiendo de ello tendremos que mirar los valores estipulados en las tablas del apartado "5.2 Lista de áreas interiores, tareas y actividades" de la citada norma UNE 12464-1. Cabe comentar que a la hora de comprobar el cumplimiento de la iluminancia media horizontal y de la uniformidad de dicha iluminancia, habrá que tener en cuenta tanto las áreas de trabajo, como las áreas circundantes que se marcan en la norma, ya que los valores a cumplir son diferentes.

4.9 Descripción de la instalación

La instalación a realizar comprende la elección de las luminarias adecuadas para cada uno de los 236 locales repartidos en las cinco plantas de las que se compone el edificio.

En nuestro caso hemos elegido unas luminarias tipo led para todos los locales, aunque estas son de diferentes clases según la estancia. Con estas elecciones pretendemos que exista un ambiente de iluminación agradable y también eficiente, reduciendo el consumo en todos los espacios.

Las estancias están clasificadas según planta y uso de la siguiente manera:

- Almacenes de material.
- Oficinas/Despachos.
- Aulas con uso docente.
- Aula de dibujo técnico.
- Aulas de prácticas y laboratorios.
- Aulas de prácticas de informática.
- Aulas de preparación y talleres.
- Servicios (aseos, cuartos de baño, vestuarios y camerinos).
- Áreas de circulación y pasillos (zonas comunes).
- Sala de profesores.
- Salón de actos (dividido en zona de butacas y escenario).
- Salas de control.
- Biblioteca (dividida en áreas de estanterías y lectura).
- Vestíbulos.
- Cafetería (cantina escolar).
- Cocina.

Para llevar a cabo la elección de las luminarias es necesario definir las alturas útiles de las plantas del edificio, teniendo en cuenta que la división entre cada planta tiene un grosor de 0,3 m. Para el caso del edificio objeto del proyecto los datos son los siguientes:

- Planta Sótano: 2,8 m
- Planta Baja: 3,1 m
- Primera Planta: 3,3 m
- Segunda Planta: 3,3 m
- Tercera Planta: 3,5 m

Se ha tenido en cuenta que hay varios locales que no cumplen estas medidas y que se deben de considerar e indicar como excepciones ya que esto puede suponer modificaciones la hora de realizar los cálculos correspondientes. Estos locales son los siguientes:

- Local 95, Planta Baja. Altura libre 6,2 m.
- Locales 102, 103 y 104, Planta Baja. Altura libre 3 m.

4.10 Cálculos

Los cálculos referentes al anexo de iluminación han de realizarse siguiendo el método de los lúmenes, mediante el cual podremos obtener los valores de los parámetros anteriormente citados y de obligado cumplimiento.

Este método puede realizarse siguiendo los pasos manualmente, y de manera sencilla lograremos así conseguir el número de luminarias necesarias y la iluminancia media horizontal que proporcionan las luminarias elegidas para una determinada estancia. Para ello es necesario tener como datos de partida la geometría del local y los factores de reflexión, mantenimiento y utilización que están tabulados.

En nuestro caso, para mayor precisión y comodidad, se ha elegido un software que realiza todos los pasos del método de los lúmenes automáticamente con las luminarias elegidas y nos muestra todos los valores de los parámetros necesarios. El programa con el que realizaremos los cálculos del anexo por lo tanto es DIALUX.

A continuación haremos una breve explicación del método de los lúmenes para que quede constancia del procedimiento y posteriormente exponremos los cálculos realizados con el software.

4.10.1 Método de los lúmenes

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

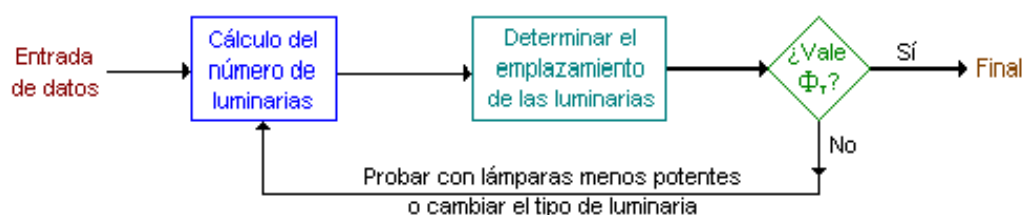


Figura 1.- Diagrama de bloques. Método de los lúmenes.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

- Datos de entrada:

1. Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo, normalmente de 0,85 m).

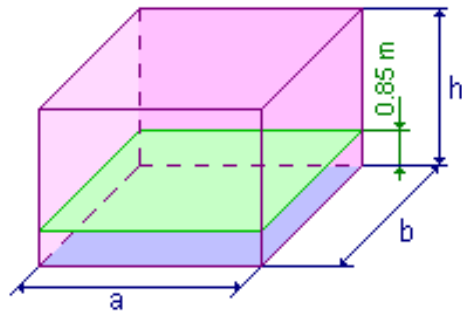


Figura 2.- Dimensiones del local y altura plano útil.

Donde: “a” es el ancho, “b” es el largo y “h” es la altura del local.

2. Determinar el nivel de iluminancia media (E_m). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y viene estipulado en la Norma UNE 12464-1 "Norma Europea sobre iluminación de los lugares de trabajo".

3. Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente,...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.

4. Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.

5. Determinar la altura de suspensión de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.

6. Calcular el índice del local (k) a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se calcula como:

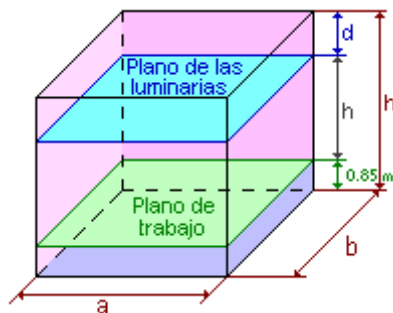


Figura 3.- Índice del local (k).

- Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa:

$$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

- Iluminación indirecta y semidirecta:

$$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0,85) \cdot (a + b)}$$

Donde k es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar 10 o un número mayor en los cálculos es despreciable.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

7. Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Se tomarán los siguientes valores:

- Suelo: 30%.
- Techo: 70%.
- Paredes: 50%.

8. Determinar el factor de utilización (η , C_U) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

FACTORES DE REFLEXIÓN										
Techo	0,8		0,7				0,5		0,3	
Paredes	0,7		0,7		0,5		0,3	0,3	0,1	0,3
Suelo	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Índice del local	Rendimiento del local									
0,60	0,72	0,66	0,70	0,65	0,58	0,56	0,50	0,55	0,49	0,49
0,80	0,83	0,76	0,81	0,74	0,70	0,66	0,60	0,64	0,59	0,59
1,00	0,91	0,81	0,88	0,80	0,77	0,72	0,66	0,71	0,66	0,65
1,25	0,98	0,87	0,95	0,85	0,85	0,79	0,73	0,77	0,73	0,72
1,50	1,02	0,90	0,99	0,88	0,90	0,82	0,77	0,81	0,76	0,75
2,00	1,01	0,94	1,05	0,94	0,97	0,88	0,83	0,86	0,82	0,81
2,50	1,12	0,97	1,09	0,95	1,02	0,91	0,87	0,89	0,86	0,85
3,00	1,15	0,99	1,11	0,97	1,05	0,93	0,90	0,91	0,89	0,87
4,00	1,19	1,01	1,14	0,99	1,09	0,96	0,94	0,94	0,92	0,90
5,00	1,21	1,02	1,16	1,01	1,12	0,98	0,961	0,96	0,94	0,92

Tabla 3.- Factores de Reflexión e Índice del Local

Este factor de utilización, nos indica la relación que existe entre los lúmenes emitidos por las lámparas y los que llegan al plano de trabajo.

9. Determinar el factor de mantenimiento (F_m) o coeficiente de mantenimiento (C_F) de conservación de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Este factor se obtiene por multiplicación de tres factores (la depreciación del flujo de la lámpara, la depreciación de la luminaria y la depreciación de la superficie de la habitación. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0,8
Sucio	0,6

Tabla 4.- Factores de Mantenimiento.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Una vez obtenidos todos los datos citados, ya se puede calcular el flujo luminoso total necesario y, por lo tanto el número de luminarias necesarias para alcanzar el nivel de iluminación adecuado.

- Cálculos:

1. Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello se aplicará la fórmula:

$$\phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_U \cdot C_m}$$

Donde:

ϕ_T = es el flujo luminoso total.

E = es la iluminancia media deseada.

S = es la superficie del plano de trabajo.

C_u = es el factor de utilización.

C_m = es el factor de mantenimiento.

2. Cálculo del número de luminarias. Para ello se aplicará la siguiente fórmula redondeando por exceso:

$$NL = \frac{\phi_T}{n \cdot \phi_L}$$

Donde:

NL= es el número de luminarias.

ϕ_T = es el flujo luminoso total.

ϕ_L = es el flujo luminoso de una lámpara.

n = es el número de lámparas por luminaria.

3. Volver a Calcular la Iluminancia Media E_m

Con el redondeo por exceso del número de luminarias, se aumenta el flujo emitido por el conjunto total de las lámparas. Por ello debemos recalcular la E_m , y debe ser superior a la de diseño que hemos adoptado para el uso.

La fórmula es la misma pero despejando E .

$$E_m = \frac{\phi_T \cdot n \cdot C_U}{S}$$

- Emplazamiento de las luminarias.

Una vez ha sido calculado el número mínimo de luminarias se procede a distribuir las sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas.

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b}} \cdot a \quad N_{largo} = N_{ancho} \cdot \frac{b}{a}$$

Donde:

a es el ancho del local (en m)

b es el largo del local (en m)

N es el número de luminarias

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo.

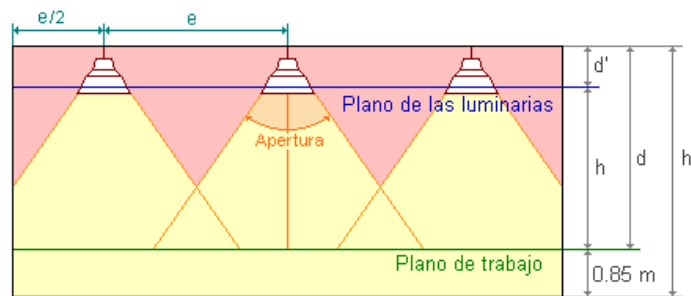


Figura 4.- Separación de las luminarias.

Donde:

d' = altura entre el plano de las luminarias y el techo.

h = altura entre el plano de trabajo y el plano de trabajo de las luminarias

h' = altura del local

Como se puede ver fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará, aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados.

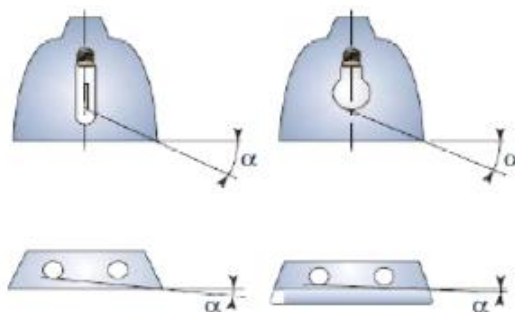


Figura 5.- Ángulos de Apantallamiento.

De la misma manera, se observa que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia).

Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias se pueden resumir como sigue:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
Intensiva	>10 m.	$e \leq 1,2 h$.
Extensiva	6 – 10 m.	$e \leq 1,5 h$.
Semiextensiva	4 – 6 m.	
Extensiva	≤ 4 m.	$e \leq 1,6 h$.
Distancia pared-luminaria $e/2$.		

Tabla 5.- Resumen separación luminarias.

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme.

Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias con menos lámparas.

- Comprobación de los resultados.

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas de la norma.

$$E_m = \frac{NL \cdot n \cdot \phi_L \cdot C_U \cdot C_m}{S} \geq E_{tablas}$$

4.10.2 Software Dialux

Para la realización del cálculo con dicho programa, tendremos en primer lugar que elaborar la geometría del local incluyendo, en los datos, la altura útil del mismo. Para que los cálculos sean lo más reales posibles, debemos de insertar a continuación los elementos de los que consta cada local, ventanas y puertas, para que este quede completamente definido.

A continuación indicaremos también la altura a la que se encuentra el plano de trabajo o plano útil, que en nuestro caso se ha considerado a una altura de 0,85 m respecto al suelo.

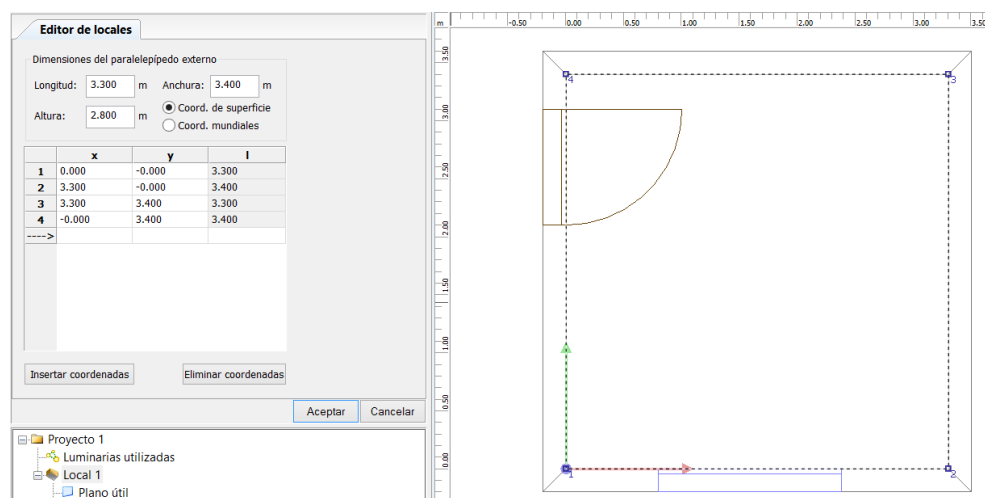


Figura 6.- Elaboración geometría del local.

Una vez definido el local nos dispondremos a insertar en él las diferentes superficies de cálculo que son necesarias para la obtención de los parámetros fijados por la norma. En nuestro caso tendremos que introducir una superficie de cálculo UGR y posteriormente una superficie de cálculo de trabajo, en la que definiremos dentro de la misma el área de trabajo necesaria de la tarea y el área circundante del local. Esta superficie de trabajo nos servirá para obtener los resultados gráficos de la uniformidad de la iluminancia en el local.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

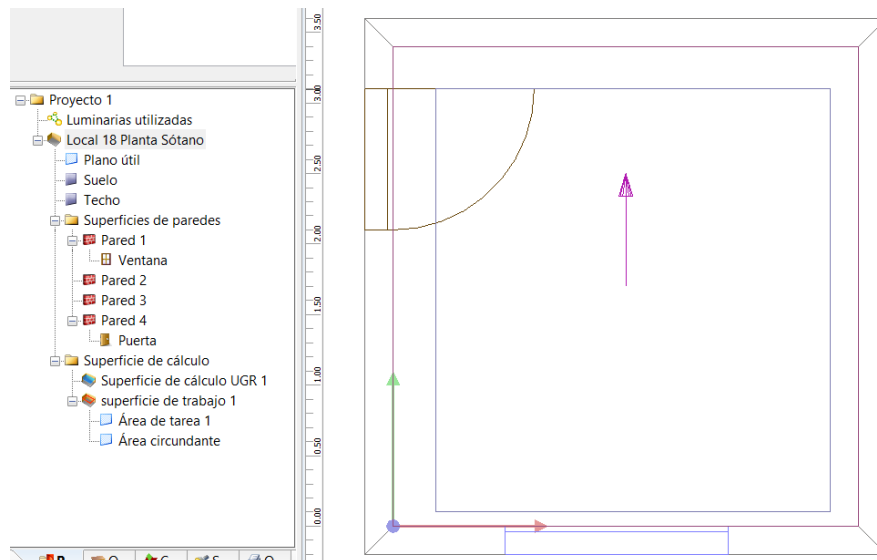


Figura 7.- Inserción de superficies de cálculo.

Con todos los datos introducidos, nos dispondremos a seleccionar la luminaria que queremos ver si cumple los parámetros de obligado cumplimiento. En nuestro caso, todas las luminarias seleccionadas en dicho proyecto se han elegido siguiendo el catálogo de la marca Philips, pero podrán sustituirse por luminarias de iguales o similares características que cumplan con lo establecido.

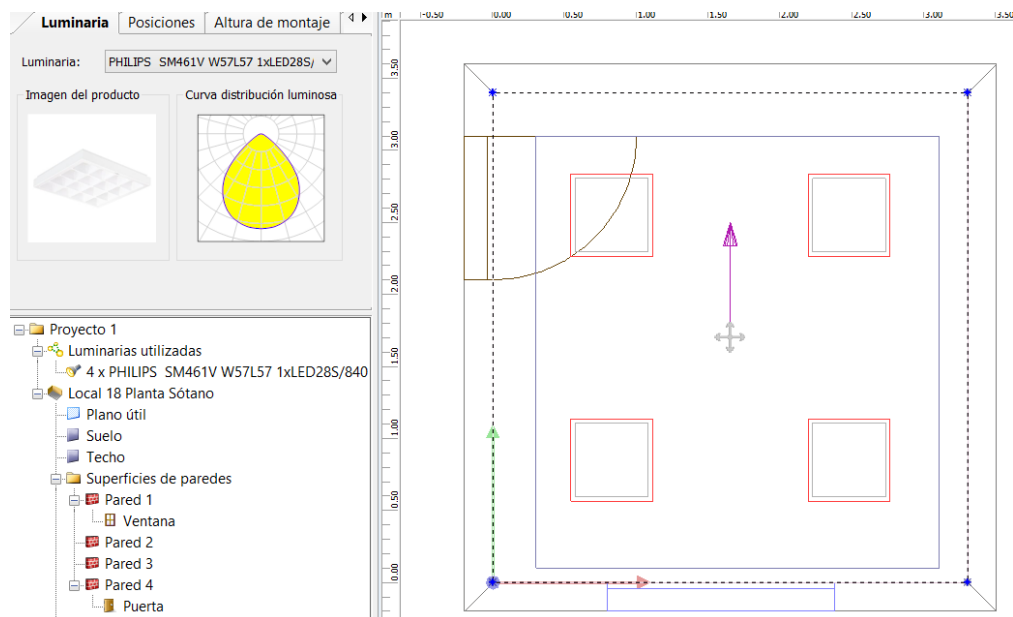


Figura 8.- Distribución de luminarias en el local.

Por último sólo quedaría calcular y comprobar que efectivamente con las luminarias elegidas se cumplen todos los parámetros. Estos resultados pueden verse en la pestaña "Output" de dicho programa.

4.10.2.1 Luminarias utilizadas

En este proyecto se han elegido las luminarias teniendo en cuenta que estas han de adaptarse a las necesidades de cada estancia. Por ello no basta con una única luminaria para iluminar todos los locales, ya que cada uno de ellos tiene que cumplir unas características. En este proyecto ha sido necesario utilizar 4 luminarias diferentes, todas de la marca Philips cuyas características y montaje se describen a continuación:

- Philips SM461V W57L57 1xLED28S/840

Luminaria Philips de la familia PowerBalance montada en superficie. Con un rendimiento sostenible PowerBalance es la luminaria LED de Philips de menor consumo energético y que cumple las normativas para uso en oficinas. En comparación con la solución T5, ahorra más de la mitad en costes energéticos y la fuente de luz tiene una vida útil mayor. El resultado son costes de funcionamiento significativamente inferiores, lo que garantiza una amortización que satisface las necesidades del mercado.

Las luminarias PowerBalance montadas en superficie son fáciles de instalar en los techos gracias a su sistema de montaje intuitivo. Además también pueden existir una versión para su montaje empotrado.

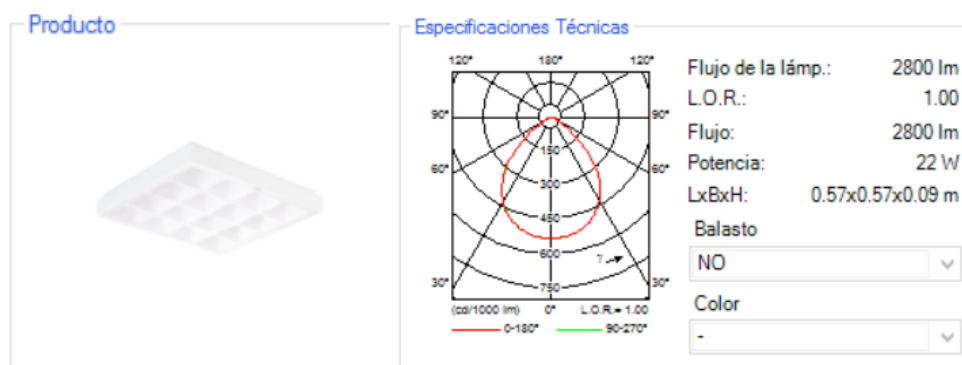


Figura 9.- Luminaria Philips SM461V W57L57 1xLED28S/840

En nuestro proyecto estas luminarias se han montado adosadas y principalmente se han usado para la iluminación en las zonas de despachos u oficinas.

- Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO

Luminaria Philips de la familia SmartBalance que nos ofrece la combinación de rendimiento y diseño inteligente. Si bien en muchos casos el rendimiento de la iluminación funcional es clave, los clientes desean además utilizar luminarias que sean atractivas y discretas. En aplicaciones en las que las luminarias se deben montar en superficie o estar suspendidas puede ser difícil lograr estos dos objetivos.

SmartBalance es sin duda un paso adelante en luminarias de montaje en superficie y suspendido para el mercado de la especificación. No solo ofrece una mayor eficiencia energética, sino que es discreta y atractiva visualmente. Su diseño no sobrecarga el techo y cumple todas las normativas.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal



Figura 10.- Luminaria Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO

En este proyecto este tipo de luminarias se han montado suspendidas a una altura de 0,4 metros del techo y se han colocado en aulas de uso docente, aulas de prácticas, de informática, laboratorios y en la biblioteca principalmente.

- Philips WT460C L700 1xLED23S/840 O

Luminaria Philips de la familia Pacific LED que ofrece un ahorro de energía considerable y control de haz excelente. Si quiere ahorrar energía y, a la vez, apostar por una imagen “ecológica”, la iluminación LED es lo que necesita. Con un renovado diseño, un sistema óptico de alta eficiencia y módulos con los últimos LED de flujo medio, la luminaria estanca Pacific LED ofrece luz blanca y brillante de alta calidad con un control de haz excelente para minimizar el deslumbramiento, algo importante en aplicaciones como aparcamientos y salas de control. Además, la instalación es rápida y sencilla gracias a la conexión integrada en la tapa final. El módulo de luz puede mantenerse por separado, lo que permite actualizar a la tecnología LED en el futuro sin tener que cambiar toda la luminaria.

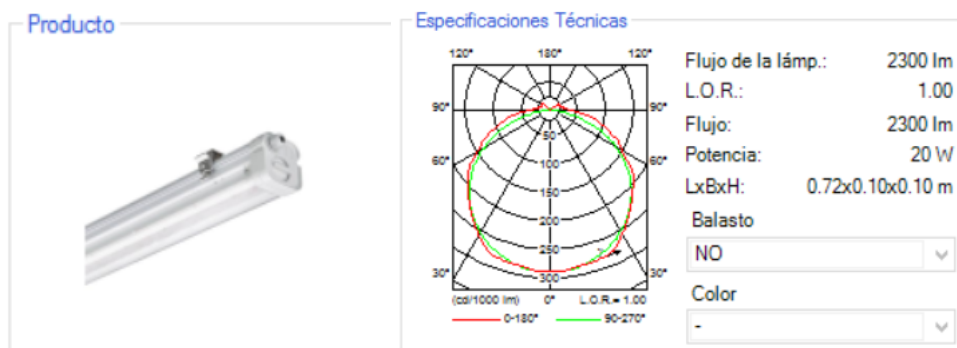


Figura 11.- Luminaria Philips WT460C L700 1xLED23S/840 O

Estas luminarias se han montado adosadas y se han empleado para obtener la correcta iluminación en espacios como pueden ser los almacenes, las salas de control, los servicios y vestuarios.

- Philips WT470C L1300 1xLED23S/840 VWB

Luminaria Philips de la familia Pacific LED gen4 es una luminaria LED estanca, fiable y de alta eficiencia que ofrece una excelente calidad de luz con una distribución de luz uniforme sin franjas ni artefactos de color visibles. La gama proporciona una construcción modular que permite una actualización y mantenimiento sencillos. El nuevo sistema óptico brinda iluminación sin distorsiones con una orientación visual mejorada, lo que la hace especialmente idónea para la industria en general. La gama también ofrece la opción de diversas ópticas para garantizar un sistema de iluminación optimizado para una amplia variedad de aplicaciones. Para aplicaciones industriales, PacificLED gen4 dispone de una

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

arquitectura de producto abierta con acceso a la bandeja porta equipos sin necesidad de herramientas y un innovador diseño con conector integrado para una instalación rápida y sencilla. La abrazadera de montaje de una sola pieza garantiza que no haya pequeños componentes sueltos, lo que podría afectar al proceso de producción principal.

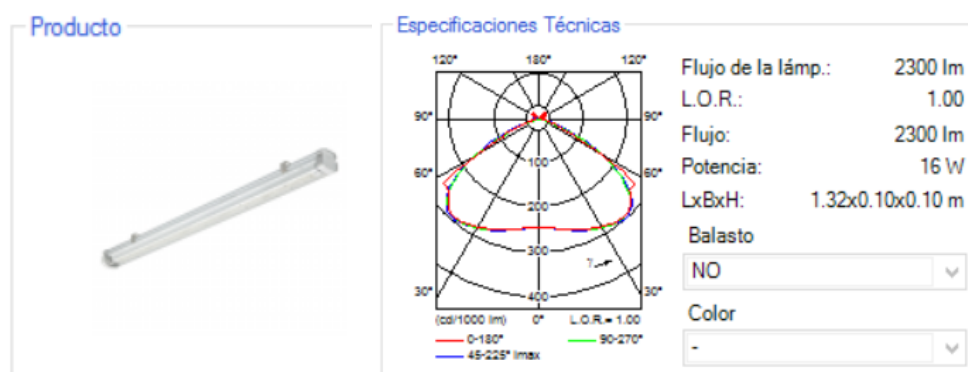


Figura 12.- Luminaria Philips WT470C L1300 1xLED23S/840 VWB

Con estas luminarias, cuyo montaje se realiza adosado, se han podido iluminar estancias como lo son las zonas comunes de circulación o pasillos, los vestíbulos.

- Philips WT470C L700 1 xLED23S/840 O

Luminaria Philips de la familia Pacific LED gen4 es una luminaria LED estanca, fiable y de alta eficiencia que ofrece una excelente calidad de luz con una distribución de luz uniforme sin franjas ni artefactos de color visibles. La gama proporciona una construcción modular que permite una actualización y mantenimiento sencillos. El nuevo sistema óptico brinda iluminación sin distorsiones con una orientación visual mejorada, lo que la hace especialmente idónea para la industria en general. La gama también ofrece la opción de diversas ópticas para garantizar un sistema de iluminación optimizado para una amplia variedad de aplicaciones. Para aplicaciones industriales, PacificLED gen4 dispone de una arquitectura de producto abierta con acceso a la bandeja porta equipos sin necesidad de herramientas y un innovador diseño con conector integrado para una instalación rápida y sencilla. La abrazadera de montaje de una sola pieza garantiza que no haya pequeños componentes sueltos, lo que podría afectar al proceso de producción principal.



Figura 13.- Luminaria Philips WT470C L700 1xLED23S/840 VWB

Estas luminarias, que se montarán adosadas se han utilizado para iluminar las estancias de tamaño muy reducido, como pueden ser algún almacén, salas de control o áreas de circulación.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

- Philips RS343B 1xLED27S/840 MB

Luminaria Philips de la familia GreenSpace Accent, los edificios pueden realizar ahora el cambio de las luminarias convencionales a LED y disfrutar de las ventajas que ofrece la calidad de luz de PerfectAccent de Philips, así como de un considerable ahorro energético, todo ello con una inversión inicial razonable. El diámetro de corte regular de GreenSpace Accent Cardanic y los paquetes lumínicos específicos permiten realizar la instalación de recambio de forma rápida y sencilla.

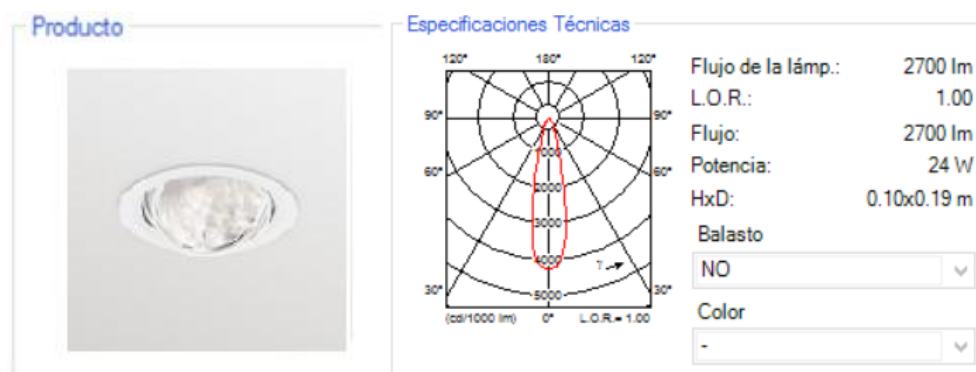


Figura 14.- Luminaria Philips RS343B 1xLED27S/840 MB

Con estas luminarias, que se montarán empotradas seremos capaces de iluminar correctamente las zonas del escenario del salón de actos.

- Philips DN130B D165 1xLED10S/840

Luminaria Philips de la familia CoreLine Downlight es la solución económica para la iluminación de interiores. Se ha diseñado para sustituir los downlights convencionales de fluorescencia compacta. Su atractiva relación calidad precio ayuda a los clientes a realizar el cambio a LED. Estas luminarias crean un efecto de iluminación natural para su uso en aplicaciones de iluminación general. También ofrecen ahorros de energía al instante y tienen una vida útil mucho más prolongada, lo que las hace una solución respetuosa con el medio ambiente. Son fáciles de instalar gracias a su tamaño de corte estándar y conectores push-in.

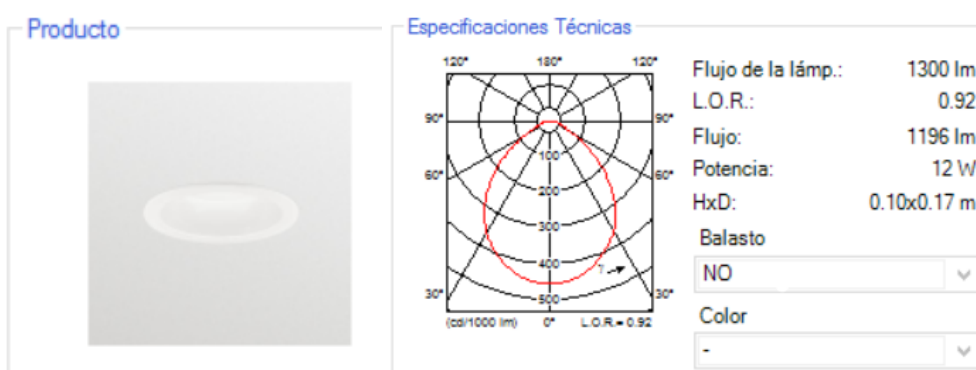


Figura 15.- Luminaria Philips DN130B D165 1xLED10S/840

Con estas luminarias, empotradas que se montarán empotradas seremos capaces de iluminar correctamente la zona de butacas del salón de actos.

4.10.2.2 Ejemplo de cálculo

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo real, llevando a cabo la selección de luminarias en el edificio objeto de proyecto. En concreto el local mostrado a continuación corresponde al local 18 de la planta sótano, y este local es utilizado como Despacho.

Una vez diseñado el local como se explicó anteriormente, lo que haremos será insertar las luminarias, en este caso, por tratarse de una estancia cuya función es de oficina, hemos elegido las luminarias Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840, cuyas características se explicaron anteriormente.

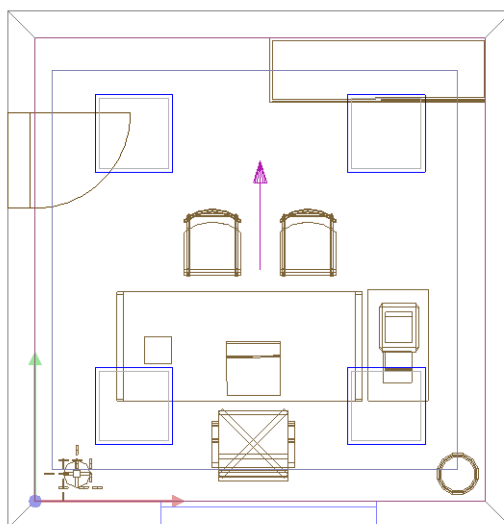


Figura 16.- Vista en planta local ejemplo de cálculo

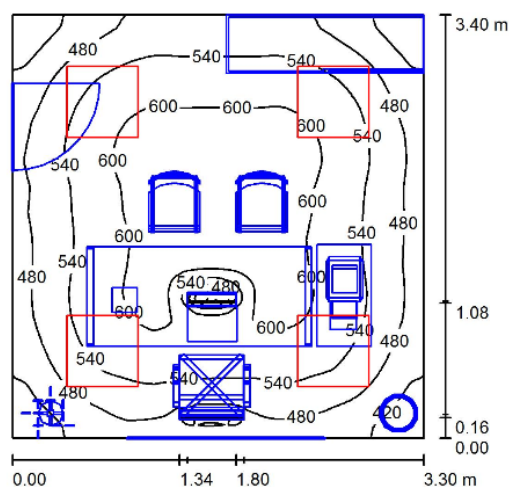
Con todo ello, insertadas y definidas las diferentes superficies de trabajo, podemos realizar el cálculo y comprobar si dicho local cumple con lo estipulado en la normativa.

Las restricciones que tenemos que cumplir en este caso son las siguientes:

Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante		UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0			
	> 500	> 0,60	> 300	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15

Tabla 6.- Valores de obligado cumplimiento para el local ejemplo de cálculo

Los resultados obtenidos del software son los siguientes:



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Figura 17.- Resultado distribución luminosa local ejemplo de cálculo

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

En la figura anterior se muestran los valores de las medidas y de la altura del local, y de la altura de montaje de las luminarias que tal y como se indicó en apartados anteriores irán montadas adosadas. También se muestra la correcta distribución del local, con el mobiliario necesario.

A continuación se muestra la tabla de resultados del programa donde se comprueba que los valores obtenidos para la potencia instalada (7,84 W/m²) y el VEEI (1,46 W/m²/100 lx) son inferiores a los límites exigidos.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS SM461V W57L57 1xLED28S/840 (1.000)	2800	2800	22.0
Total:			11200	Total: 11200	88.0

Valor de eficiencia energética: 7.84 W/m² = 1.46 W/m²/100 lx (Base: 11.22 m²)

Tabla 7.- Resultados VEEI y potencia instalada local ejemplo cálculo

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las superficies de trabajo. En la primera imagen vemos que el valor máximo obtenido del UGR (15) es inferior al máximo permitido, mientras que en la tabla podemos comprobar los valores de la iluminancia media, tanto en el área de trabajo como en el área circundante.

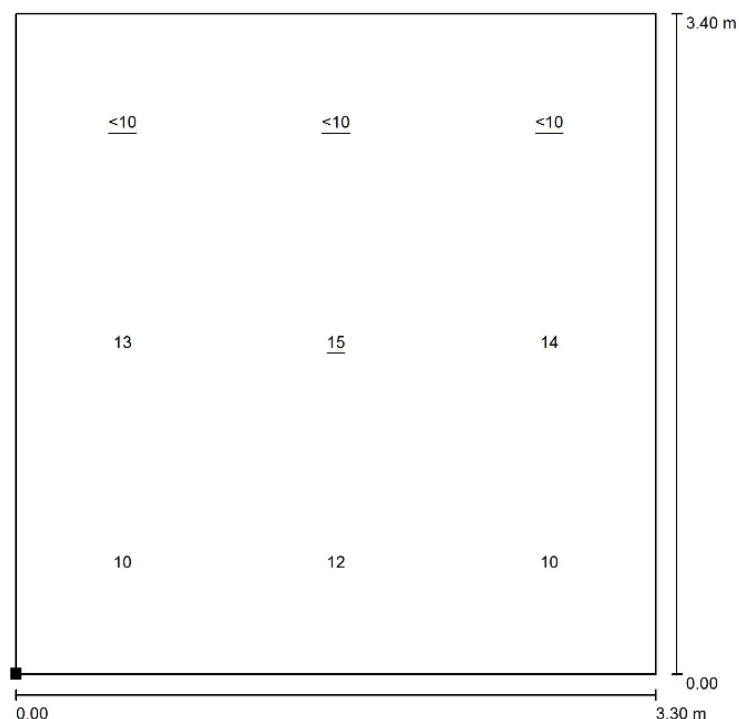


Figura 18.- Resultados UGR local ejemplo de cálculo

Nº	Designación	Trama	E _m [lx]	E _{min} [lx]	E _{max} [lx]	E _{min} / E _m	E _{min} / E _{max}
	Área de tarea 1	128 x 128	564	351	633	0.622	0.554
	Área circundante	128 x 128	452	363	531	0.802	0.683

Tabla 8.- Resultados iluminancia local ejemplo de cálculo



Figura 19.- Representación final 3D del local ejemplo de cálculo

Una vez demostrado el correcto funcionamiento del software y realizado el ejemplo mostrado anteriormente para un local real, a continuación tendremos que repetir este proceso para los 235 locales restantes.

4.11 Resultados obtenidos

Este apartado del proyecto está destinado a mostrar detalladamente los resultados obtenidos para cada estancia del edificio. Para ello se ha especificado el tipo de luminaria, y los valores obtenidos de cada uno de los parámetros necesarios, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

4.11.1 Planta sótano

Despacho/Oficina								
Luminaria	Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante		UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0				
	> 500	> 0,60	> 300	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 5	521	0,633	379	0,74	17	1,31	6,4	4 x 22 W
Nº 8	515	0,662	365	0,735	17	1,3	6,17	4 x 22 W
Nº 9	504	0,662	365	0,714	16	1,3	6,04	4 x 22 W
Nº 10	504	0,642	370	0,683	17	1,27	5,78	4 x 22 W
Nº 16	507	0,626	329	0,472	16	1,16	5,18	6 x 22 W
Nº 17	581	0,77	458	0,683	15	1,43	7,66	4 x 22 W
Nº 18	563	0,771	446	0,811	15	1,47	7,83	4 x 22 W
Normativa	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGR	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 300	> 0,40	> 200	> 0,4				
Nº 4	383	0,425	215	0,558	18	1,07	3,56	5 x 22 W

Tabla 9.- Resultados luminotécnicos despachos planta sótano.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Salas de Control								
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 200	> 0,50	> 150	> 0,40	< 25	< 4	< 15	
Nº 1	201	0,716	167	0,653	23	1,28	2,47	12 x 19,8 W

Tabla 10.- Resultados luminotécnicos salas de control planta sótano.

Aula								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,70	> 300	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 14	583	0,702	454	0,737	17	1,38	7,64	15 x 38,5 W
Nº 15	507	0,765	387	0,454	18	1,29	6,25	15 x 38,5 W

Tabla 11.- Resultados luminotécnicos aulas planta sótano.

Servicios								
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 200	> 0,40	> 150	> 0,40	< 25	< 3,5	< 15	
Nº 6	221	0,715	181	0,755	19	2,16	4,55	2 x 19,8 W
Nº 7	230	0,724	190	0,758	19	2,31	5,06	2 x 19,8 W

Tabla 12.- Resultados luminotécnicos servicios planta sótano.

Almacén de Material						
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 2	167	22	0,512	1,79	3	2 x 19,8W
Nº 11	129	23	0,508	1,31	1,69	4 x 19,8W
Nº 12	163	20	0,453	1,67	2,72	3 x 19,8W
Nº 13	110	21	0,451	1,48	1,63	2 x 19,8W
Nº 19	127	20	0,511	2,22	2,83	1 x 19,8W
Nº 20	219	<10	0,805	3,91	8,57	1 x 19,8W

Tabla 13.- Resultados luminotécnicos almacenes planta sótano.

Áreas de Circulación, Pasillos						
Luminaria	Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 3	170	22	0,427	1,29	2,19	6 x 16,4 W
Nº 3A	162	< 10	0,602	1,31	2,12	7 x 16,4 W

Tabla 14.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación planta sótano.

Tras realizar todos los cálculos obtenemos que en la planta sótano, se han utilizado un total de 107 luminarias para iluminar correctamente todas las estancias, lo que implica una potencia total instalada de 2.712,4 W.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

4.11.2 Planta baja

Despacho/Oficina								
Luminaria	Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGR	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,60	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 8	568	0,672	338	0,512	16	1,31	5,7	7 x 22 W
Nº 14	589	0,751	485	0,709	< 10	2,07	11,08	3 x 22 W
Nº 17	532	0,664	406	0,741	15	1,49	7,38	4 x 22 W
Nº 23	577	0,761	468	0,624	16	1,39	7,68	8 x 22 W
Nº 27	544	0,64	365	0,539	15	1,32	6,38	6 x 22 W
Nº 33	520	0,774	397	0,683	15	1,35	6,29	6 x 22 W
Nº 36	538	0,704	403	0,732	15	1,43	6,97	4 x 22 W
Nº 49	532	0,73	380	0,493	16	1,35	6,21	6 x 22 W
Nº 51	506	0,655	350	0,651	16	1,38	6,28	4 x 22 W
Nº 52	565	0,633	405	0,678	16	1,43	7,24	4 x 22 W
Nº 53	550	0,669	392	0,672	15	1,42	6,89	4 x 22 W
Nº 65	534	0,67	405	0,736	15	1,45	7,17	4 x 22 W
Nº 66	569	0,61	409	0,661	16	1,27	6,74	8 x 22 W
Nº 67	574	0,694	432	0,673	16	1,27	6,83	8 x 22 W
Nº 77	508	0,618	333	0,516	17	1,36	5,92	4 x 22 W
Nº 84	553	0,663	425	0,755	16	1,61	8,17	4 x 22 W
Nº 85	590	0,659	461	0,744	16	1,7	9,22	4 x 22 W
Nº 88	556	0,635	389	0,492	16	1,35	6,57	5 x 22 W
Nº 89	558	0,649	390	0,533	16	1,36	6,64	5 x 22 W
Nº 90	537	0,633	370	0,482	16	1,32	6,12	5 x 22 W
Nº 91	513	0,672	352	0,566	16	1,32	5,81	4 x 22 W
Nº 92	533	0,626	371	0,669	16	1,22	6,04	9 x 22 W
Normativa	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGR	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 300	> 0,40	> 200	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 58	430	0,826	349	0,748	14	1,83	7,15	2 x 22 W
Nº 81	353	0,558	224	0,618	18	1,3	4,01	3 x 22 W
Nº 83	320	0,509	241	0,5	16	1,14	6,4	8 x 22 W

Tabla 15.- Resultados luminotécnicos despachos planta baja.

Servicios y Vestuarios (camerinos)								
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 200	> 0,4	> 150	> 0,4	< 25	< 3,5	< 15	
Nº 46	226	0,717	183	0,545	20	2,07	4,52	3 x 19,8 W
Nº 59	252	0,761	215	0,798	< 10	3,47	8,24	2 x 19,8 W
Nº 60	239	0,8	185	0,51	< 10	3,37	7,47	2 x 19,8 W
Nº 61	226	0,551	180	0,481	18	2,07	4,52	3 x 19,8 W
Nº 63	226	0,588	197	0,649	18	2,06	4,58	3 x 19,8 W
Nº 75	253	0,666	226	0,675	19	2,44	5,92	4 x 19,8 W
Nº 76	249	0,64	213	0,654	19	2,11	4,98	4 x 19,8 W
Nº 94	211	0,773	172	0,829	< 10	2,97	5,85	1 x 19,8 W
Nº 97	206	0,714	159	0,609	16	2,17	4,08	2 x 19,8 W
Nº 98	229	0,797	188	0,75	< 10	2,51	5,26	2 x 19,8 W

Tabla 16.- Resultados luminotécnicos servicios y vestuarios planta baja.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Aulas de Prácticas y Laboratorios								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,6	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 2	565	0,698	411	0,629	18	1,35	7,07	18 x 38,5 W
Nº 6	531	0,733	405	0,576	17	1,37	6,78	15 x 38,5 W
Nº 12	558	0,758	425	0,721	18	1,35	7,04	18 x 38,5 W
Nº 15	522	0,69	386	0,591	16	1,45	7,12	9 x 38,5 W
Nº 20	502	0,656	368	0,64	15	1,44	6,82	9 x 38,5 W
Nº 28	502	0,641	358	0,583	18	1,35	6,31	12 x 38,5 W
Nº 31	503	0,615	358	0,679	15	1,7	7,83	4 x 38,5 W
Nº 32	510	0,632	436	0,713	17	1,37	7,06	24 x 38,5 W
Nº 34	508	0,625	348	0,607	18	1,31	6,2	18 x 38,5 W
Nº 40	543	0,645	404	0,503	17	1,4	7,2	12 x 38,5 W
Nº 41	609	0,698	452	0,583	17	1,54	8,76	8 x 38,5 W
Nº 64	532	0,646	405	0,557	16	1,36	6,87	18 x 38,5 W

Tabla 17.- Resultados luminotécnicos aulas de práctica y laboratorios planta baja.

Aulas de Práctica de Informática								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 300	> 0,60	> 200	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 68	389	0,685	284	0,642	18	1,47	5,26	6 x 38,5

Tabla 18.- Resultados luminotécnicos aulas de informática planta baja.

Aulas de Preparación y Talleres								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,60	> 300	> 0,40	< 22	< 3,5	< 15	
Nº 1	581	0,735	416	0,473	15	1,37	7,34	20 x 38,5 W
Nº 16	562	0,679	430	0,734	19	1,33	7,04	27 x 38,5 W
Nº 22	535	0,63	352	0,599	16	1,74	8,01	3 x 38,5 W
Nº 47	599	0,71	439	0,701	15	1,52	8,44	8 x 38,5 W

Tabla 19.- Resultados luminotécnicos aulas de preparación y talleres planta baja.

Aula								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,7	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 48	510	0,754	368	0,603	18	1,3	6,19	24 x 38,5 W

Tabla 20.- Resultados luminotécnicos aulas planta baja.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Vestíbulo								
Luminaria	Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante		UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0				
	> 200	> 0,4	> 150	> 0,4				
Nº 71	228	0,618	162	0,586	19	0,99	2,04	14 x 16,4 W
Nº 79	247	0,684	186	0,619	21	1	2,28	18 x 16,4 W
Nº 80	220	0,636	176	0,558	18	1,27	2,57	9 x 16,4 W
Nº 99	221	0,735	194	0,68	< 10	2,59	5,36	4 x 16,4 W
Nº 101	203	0,723	167	0,723	19	1,3	2,46	4 x 16,4 W

Tabla 21.- Resultados luminotécnicos vestíbulos planta baja.

Salón de Actos								
Cabina								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)	
	> 300	> 0,6	> 150	> 0,4	< 19	< 3,5	<15	
Nº 96	341	0,329	211	0,523	18	1,64	4,84	2 x 38,5 W
Escenario								
Luminaria	Philips RS343B 1 xLED27S/840 MB							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)	
	> 500	> 0,6	> 300	> 0,4	< 19	< 8	<15	
Nº 95	506	0,615	427	0,493	17	1,19	6,88	21 x 24 W
Butacas								
Luminaria	Philips DN130B D165 1xLED10S/840							
Normativa	Área de Trabajo						Unidad x W	
	Em (lx)		U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)		
	> 100		> 0,4	< 25	< 8	< 15		
Nº 95	107		0,521	25	1,6	1,71	31 x 11,6 W	

Tabla 22.- Resultados luminotécnicos salón de actos planta baja.

Salas de Control								
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante		UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0				
	> 200	> 0,5	> 150	> 0,4				
Nº 3	213	0,604	158	0,674	22	1,62	3,17	4 x 19,8 W
Nº 4	244	0,675	180	0,755	17	1,91	4,32	3 x 19,8 W
Nº 18	201	0,545	156	0,606	16	2,44	4,57	2 x 19,8 W
Nº 19	236	0,801	202	0,846	< 10	2,99	6,74	2 x 19,8 W
Nº 100	240	0,631	183	0,74	17	2,06	4,7	3 x 19,8 W
Nº 102	291	0,836	252	0,842	< 10	3,11	8,69	2 x 19,8 W
Nº 103	225	0,59	172	0,464	23	1,5	3,19	8 x 19,8 W
Luminaria	Philips WT470C L700 1xLED 23S/840 O							
Nº 82	339	0,872	302	0,891	< 10	3,6	11,71	2 x 16,4 W
Nº 104	203	0,842	182	0,864	< 10	3,98	7,77	1 x 16,4 W

Tabla 23.- Resultados luminotécnicos salas de control planta baja.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Cafetería (cantina escolar)								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 200	> 0,4	> 150	> 0,4	< 22	< 3,5	< 15	
Nº 62	228	0,435	191	0,418	20	1,23	2,58	22 x 38,5 W

Tabla 24.- Resultados luminotécnicos cafetería planta baja.

Cocina								
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 500	> 0,6	> 300	> 0,4	< 22	< 3,5	< 15	
Nº 57	505	0,686	358	0,564	21	1,57	6,98	19 x 19,8 W

Tabla 25.- Resultados luminotécnicos cocina planta baja.

Sala de Profesores								
Luminaria	Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	U0	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 300	> 0,60	> 200	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 74	354	0,679	249	0,712	16	1,24	3,98	4 x 22 W
Nº 78	307	0,676	204	0,482	18	1,03	2,71	9 x 22 W

Tabla 26.- Resultados luminotécnicos sala de profesores planta baja.

Almacén de Material						
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 9	192	11	0,578	3,07	5,89	2 x 19,8 W
Nº 21	222	16	0,737	2,62	5,81	2 x 19,8 W
Nº 26	129	< 10	0,702	2,75	3,56	1 x 19,8 W
Nº 29	123	16	0,481	2,81	3,45	1 x 19,8 W
Nº 30	136	16	0,586	1,81	2,47	2 x 19,8 W
Nº 35	178	19	0,502	1,85	3,29	4 x 19,8 W
Nº 38	148	18	0,649	1,77	2,62	3 x 19,8 W
Nº 39	167	16	0,618	1,99	3,33	2 x 19,8 W
Nº 42	143	15	0,754	3,11	4,46	1 x 19,8 W
Nº 56	162	18	0,508	2,54	4,12	4 x 19,8 W
Nº 77'	134	18	0,564	1,75	2,33	2 x 19,8 W
Nº 86	156	<10	0,793	3,55	5,54	1 x 19,8 W
Luminaria	Philips WT470C L700 1 xLED23S/840 O					
Nº 10	181	< 10	0,833	3,97	7,2	1 x 16,4 W
Nº 11	307	< 10	0,781	3,65	11,2	1 x 16,4 W
Nº 43	311	< 10	0,802	3,66	11,39	1 x 16,4 W

Tabla 27.- Resultados luminotécnicos almacenes planta baja.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Áreas de Circulación, Pasillos						
Luminaria	Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 5	113	< 10	0,73	1,73	1,96	1 x 16,4 W
Nº 7	178	18	0,729	1,8	3,21	2 x 16,4 W
Nº 13	170	18	0,796	1,54	2,61	2 x 16,4 W
Nº 24	132	21	0,427	1,09	1,44	5 x 16,4 W
Nº 25	220	20	0,489	1,37	3,01	6 x 16,4 W
Nº 37	197	22	0,51	1,21	2,38	12 x 16,4 W
Nº 44	166	19	0,717	2,68	4,45	2 x 16,4 W
Nº 45	134	< 10	0,806	2,23	2,99	1 x 16,4 W
Nº 50	115	< 10	0,633	2,6	2,99	1 x 16,4 W
Nº 54	116	< 10	0,401	1,06	1,24	15 x 16,4 W
Nº 55	130	20	0,48	1,3	1,69	10 x 16,4 W
Nº 69	126	< 10	0,647	1,52	1,91	3 x 16,4 W
Nº 70	183	< 10	0,76	2,43	4,46	2 x 16,4 W
Nº 72	113	21	0,544	1,23	1,39	4 x 16,4 W
Nº 73	152	19	0,741	1,79	2,71	2 x 16,4 W
Nº 87	116	< 10	0,593	1,61	1,86	4 x 16,4 W
Nº 93	169	< 10	0,79	3,18	5,38	1 x 16,4 W

Tabla 28.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación planta baja.

Tras realizar todos los cálculos obtenemos que en la planta baja, se han utilizado un total de 693 luminarias para iluminar correctamente todas las estancias, lo que implica una potencia total instalada de 18.612.5 W.

4.11.3 Primera planta

Despacho/Oficina								
Luminaria	Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGR	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 500	> 0,60	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 2	507	0,653	421	0,671	13	1,65	7,65	4 x 22 W
Nº 7	505	0,663	311	0,502	16	1,46	6,18	4 x 22 W
Nº 11	524	0,69	394	0,722	16	1,7	7,74	4 x 22 W
Nº 12	508	0,685	384	0,727	15	1,6	7,51	4 x 22 W
Nº 16	534	0,622	397	0,69	16	1,52	7,64	6 x 22 W
Nº 17	525	0,613	381	0,649	16	1,56	7,64	6 x 22 W
Nº 18	526	0,631	375	0,687	15	1,42	6,78	5 x 22 W
Nº 19	555	0,691	374	0,6	15	1,42	6,81	5 x 22 W
Nº 26	542	0,722	414	0,745	16	1,62	8,19	4 x 22 W
Nº 27	517	0,714	390	0,73	16	1,57	7,57	4 x 22 W
Nº 28	532	0,728	398	0,694	16	1,56	7,5	4 x 22 W
Nº 29	521	0,668	425	0,748	15	1,75	8,65	5 x 22 W
Nº 30	530	0,698	403	0,774	16	1,7	8,35	4 x 22 W
Nº 33	530	0,692	390	0,676	16	1,63	8,03	4 x 22 W
Nº 34	503	0,71	351	0,575	16	1,53	6,74	4 x 22 W

Tabla 29.- Resultados luminotécnicos despachos primera planta.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Servicios y Vestuarios								
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 200	> 0,4	> 150	> 0,4	< 25	< 3,5	< 15	
Nº 24	210	0,629	164	0,731	17	2,03	4,06	3 x 19,8 W
Nº 25	233	0,652	188	0,73	18	2,26	4,96	3 x 19,8 W
Nº 46	255	0,745	181	0,649	17	2,2	5,28	4 x 19,8 W
Nº 47	220	0,701	171	0,715	22	1,63	3,39	6 x 19,8 W

Tabla 30.- Resultados luminotécnicos servicios primera planta.

Aulas de Prácticas y Laboratorios								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,6	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 1	511	0,668	359	0,589	16	1,43	6,65	19 x 38,5 W
Nº 9	527	0,693	424	0,655	17	1,6	8,09	17 x 38,5 W
Nº 13	543	0,668	397	0,674	17	1,37	6,92	20 x 38,5 W

Tabla 31.- Resultados luminotécnicos aulas de prácticas y laboratorios primera planta.

Aula								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)	
	> 500	> 0,7	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 4	203	0,721	380	0,403	17	1,38	6,27	25 x 38,5 W
Nº 36	547	0,74	448	0,811	18	1,51	8,03	15 x 38,5 W
Nº 37	542	0,702	430	0,772	18	1,51	7,96	15 x 38,5 W
Nº 38	502	0,701	377	0,729	17	1,55	7,28	9 x 38,5 W
Nº 39	580	0,721	454	0,691	17	1,51	8,27	15 x 38,5 W
Nº 40	531	0,73	437	0,807	18	1,54	7,94	15 x 38,5 W
Normativa	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m²)	Unidad x W
	> 200	> 0,40	> 150	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 32	225	0,528	163	0,447	18	1,62	3,21	2 x 38,5 W

Tabla 32.- Resultados luminotécnicos aulas primera planta.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Biblioteca								
Estanterías								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	
	> 200	> 0,60	> 150	> 0,40	< 19	< 5	< 15	
Nº 14B	263	0,682	202	0,565	18	1,45	3,5	15 x 38,5 W
Nº 35	260	0,698	180	0,576	18	1,36	6,24	8 x 38,5 W
Áreas de Lectura								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					Unidad x W
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	
	> 500	> 0,60	> 300	> 0,40	< 19	< 5	< 15	
Nº 14A	505	0,652	367	0,418	17	1,32	6,17	40 x 38,5 W

Tabla 33.- Resultados luminotécnicos biblioteca primera planta.

Áreas de Circulación, Pasillos						
Luminaria	Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 3	104	21	0,595	1,17	1,22	3 x 16,4 W
Nº 5	116	21	0,424	1,1	1,28	2 x 16,4 W
Nº 6	168	18	0,681	2,62	4,24	2 x 16,4 W
Nº 15	124	20	0,677	2,2	2,73	2 x 16,4 W
Nº 21	103	22	0,583	1,15	1,19	5 x 16,4 W
Nº 22	122	19	0,642	1,48	1,8	4 x 16,4 W
Nº 23	146	22	0,466	1,27	1,85	10 x 16,4 W
Nº 31	113	21	0,633	1,27	1,44	3 x 16,4 W
Nº 44	141	19	0,752	3,02	4,27	2 x 16,4 W
Luminaria	Philips WT470C L700 1xLED 23S/840 O					
Nº 45	206	< 10	0,796	3,54	7,29	1 x 16,4 W

Tabla 34.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación primera planta.

Almacén de Material						
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 8	120	18	0,557	1,91	2,3	2 x 19,8 W
Nº 10	102	22	0,51	1,67	1,71	3 x 19,8 W
Nº 20	119	20	0,593	1,83	2,17	2 x 19,8 W
Nº 41	149	18	0,643	2,07	3,1	2 x 19,8 W
Nº 42	154	18	0,646	2,11	3,24	2 x 19,8 W
Nº 43	159	11	0,668	2,18	3,47	2 x 19,8 W

Tabla 35.- Resultados luminotécnicos almacenes primera planta.

Tras realizar todos los cálculos obtenemos que en la primera planta, se han utilizado un total de 345 luminarias para iluminar correctamente todas las estancias, lo que implica una potencia total instalada de 10.883,3 W.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

4.11.4 Segunda planta

Despacho/Oficina								
Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840								
Luminaria	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGR	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,60	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 2	510	0,668	408	0,659	14	1,66	7,65	4 x 22 W
Nº 6	508	0,63	401	0,581	16	1,44	6,7	5 x 22 W
Nº 7	513	0,628	373	0,676	16	1,47	7,04	6 x 22 W
Nº 10	524	0,713	378	0,652	16	1,59	7,55	4 x 22 W
Nº 11	538	0,656	396	0,672	16	1,36	6,74	6 x 22 W
Nº 14	599	0,628	404	0,546	16	1,41	7,66	8 x 22 W
Nº 17	566	0,677	414	0,732	16	1,43	7,46	6 x 22 W
Nº 19	567	0,68	392	0,586	16	1,43	7,19	8 x 22 W
Nº 21	504	0,669	343	0,598	17	1,53	6,89	4 x 22 W
Nº 22	513	0,668	362	0,569	16	1,61	7,68	4 x 22 W
Nº 23	502	0,624	338	0,573	17	1,37	6,15	8 x 22 W
Nº 26	518	0,628	357	0,641	17	1,47	7,05	8 x 22 W
Nº 37	552	0,72	418	0,721	15	1,72	8,19	4 x 22 W
Nº 38	516	0,716	392	0,745	16	1,58	7,61	4 x 22 W
Nº 39	523	0,719	392	0,721	16	1,57	7,57	4 x 22 W
Nº 40	511	0,717	372	0,588	16	1,56	7,42	4 x 22 W
Nº 41	509	0,715	376	0,743	16	1,63	7,59	4 x 22 W
Nº 44	597	0,622	444	0,715	15	1,6	8,51	4 x 22 W

Tabla 36.- Resultados luminotécnicos despachos segunda planta.

Servicios								
Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O								
Luminaria	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 200	> 0,4	> 150	> 0,4	< 25	< 3,5	< 15	
Nº 35	205	0,62	166	0,694	18	2,1	4,09	3 x 19,8 W
Nº 36	221	0,636	180	0,727	17	2,33	4,88	3 x 19,8 W

Tabla 37.- Resultados luminotécnicos servicios segunda planta.

Aulas de Prácticas y Laboratorios								
Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO								
Luminaria	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,6	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 1	508	0,604	358	0,567	16	1,42	6,65	19 x 38,5 W
Nº 5	541	0,671	393	0,431	17	1,36	6,52	25 x 38,5 W
Nº 12	585	0,623	429	0,493	16	1,99	10,63	6 x 38,5 W
Nº 15	584	0,646	405	0,406	17	1,51	7,69	10 x 38,5 W
Nº 16	502	0,73	364	0,68	15	2,02	9,12	4 x 38,5 W
Nº 18	505	0,638	374	0,575	17	1,36	6,4	26 x 38,5 W
Nº 20	511	0,663	351	0,441	17	1,3	5,95	30 x 38,5 W
Nº 25	505	0,657	341	0,551	16	1,88	8,61	6 x 38,5 W

Tabla 38.- Resultados luminotécnicos aulas prácticas y laboratorios segunda planta.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Aula								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,7	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 27	503	0,737	378	0,648	17	1,58	7,33	9 x 38,5 W
Nº 30	503	0,722	382	0,71	17	1,48	6,95	12 x 38,5 W
Nº 31	505	0,709	387	0,763	17	1,57	7,46	9 x 38,5 W
Nº 32	565	0,725	441	0,778	18	1,52	8,21	15 x 38,5 W
Nº 45	580	0,733	442	0,761	17	1,47	8,04	15 x 38,5 W
Nº 46	547	0,732	434	0,781	18	1,44	7,55	24 x 38,5 W
Nº 47	566	0,704	433	0,768	18	1,51	8,15	15 x 38,5 W

Tabla 39.- Resultados luminotécnicos aulas segunda planta.

Almacén de Material						
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 4	119	<10	0,745	3,07	3,65	1 x 19,8 W
Nº 13	160	15	0,706	2,38	3,81	2 x 19,8 W
Nº 24	143	17	0,568	2,11	3,02	2 x 19,8 W

Tabla 40.- Resultados luminotécnicos almacenes segunda planta.

Áreas de Circulación, Pasillos						
Luminaria	Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 3	104	21	0,595	1,17	1,22	3 x 16,4 W
Nº 8	124	15	0,632	2,56	3,18	2 x 16,4 W
Nº 9	120	< 10	0,793	2,55	3,05	1 x 16,4 W
Nº 28	103	22	0,497	0,99	1,02	8 x 16,4 W
Nº 29	154	15	0,522	1,3	2	6 x 16,4 W
Nº 33	145	20	0,575	1,32	1,91	3 x 16,4 W
Nº 34	144	22	0,476	1,27	1,83	10 x 16,4 W
Nº 42	114	21	0,636	1,29	1,44	3 x 16,4 W
Nº 43	142	20	0,592	1,79	2,53	2 x 16,4 W

Tabla 41.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación segunda planta.

Tras realizar todos los cálculos obtenemos que en la segunda planta, se han utilizado un total de 369 luminarias para iluminar correctamente todas las estancias, lo que implica una potencia total instalada de 11.593,5 W.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

4.11.5 Tercera planta

Despacho/Oficina								
Luminaria	Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGR	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 500	> 0,6	> 300	> 0,4	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 2	582	0,77	420	0,671	< 10	1,9	9,76	4 x 22 W
Nº 3	551	0,621	428	0,643	16	1,25	6,39	11 x 22 W
Nº 4	546	0,68	423	0,722	16	1,43	7,34	8 x 22 W
Nº 5	550	0,68	420	0,729	15	1,42	7,24	8 x 22 W
Nº 6	503	0,745	369	0,7	15	1,62	7,47	4 x 22 W
Nº 8	503	0,623	330	0,547	16	1,4	6,39	8 x 22 W

Tabla 42.- Resultados luminotécnicos servicios tercera planta.

Servicios								
Luminaria	Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 200	> 0,4	> 150	> 0,4	< 25	< 3,5	< 15	
Nº 13	285	0,754	226	0,785	15	3,37	8,98	2 x 19,8 W
Nº 14	264	0,782	219	0,834	16	2,88	7,22	2 x 19,8 W

Tabla 43.- Resultados luminotécnicos servicios tercera planta.

Aulas de Práctica de Informática								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 300	> 0,60	> 200	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 9	347	0,908	304	0,675	17	1,51	5,09	12 x 38,5 W
Nº 10	342	0,923	312	0,837	16	1,55	5,17	12 x 38,5 W
Nº 15	327	0,9	299	0,783	16	1,49	4,75	18 x 38,5 W

Tabla 44.- Resultados luminotécnicos aulas de informática tercera planta.

Aula de Dibujo Técnico								
Luminaria	Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO							
Normativa	Área de Trabajo		Área Circundante					
	Em (lx)	U0	Em (lx)	U0	UGRL	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 750	> 0,70	> 500	> 0,40	< 19	< 3,5	< 15	
Nº 16	811	0,73	622	0,613	17	1,06	10,03	90 x 38,5 W

Tabla 45.- Resultados luminotécnicos aula de dibujo técnico tercera planta.

4. ANEXO I: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

Pablo Gómez Vidal

Áreas de Circulación, Pasillos						
Luminaria	Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB					
Normativa	Em (lx)	UGRL	U0	VEEI	Potencia (W/m ²)	Unidad x W
	> 100	< 25	> 0,40	< 4	< 15	
Nº 1	129	12	0,711	1,58	2,04	2 x 16,4 W
Nº 7	105	20	0,621	1,99	2,08	4 x 16,4 W
Nº 11	135	19	0,619	1,23	1,66	4 x 16,4 W
Nº 12	148	18	0,684	1,69	2,5	4 x 16,4 W

Tabla 46.- Resultados luminotécnicos áreas de circulación tercera planta.

Tras realizar todos los cálculos obtenemos que en la tercera planta, se han utilizado un total de 193 luminarias para iluminar correctamente todas las estancias, lo que implica una potencia total instalada de 6.336,8 W.

4.11.6 Conclusiones finales

Como conclusión podemos ver que se han utilizado un total de 1.707 luminarias de 7 tipos diferentes, lo que supone una potencia total destinada al alumbrado del edificio de 50.138,5 W.

Con esta nueva instalación garantizamos el cumplimiento de la normativa en todas las estancias, lo que supondrá un mayor confort y mejora de los niveles lumínicos, además puede conseguirse también una reducción de potencia que llevaría implícita un ahorro anual.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2016/17

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

5 ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

5.1 Objeto

El objeto del presente anexo es el estudio y justificación de los armónicos producidos en la instalación con la presencia de las nuevas luminarias LED y las posibles medidas para su posterior eliminación.

5.2 Alcance

El alcance es la totalidad del diseño de los filtros necesarios que garanticen la eliminación de los armónicos producidos por las nuevas luminarias LED para lograr un ahorro, tanto energético como económico.

5.3 Normas y referencias

El presente proyecto recoge el diseño de los filtros necesarios, los cálculos que justifican su empleo y el estudio de armónicos en la red, dando cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Norma UNE-EN 50160:2011/A1:2015. Características de la tensión suministrada por las redes generales de distribución.
- Norma UNE 61000-2-2:2003. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-2: Entorno. Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión.
- Norma UNE-EN 61000-3-2:2014. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada menor o igual a 16 A por fase).
- Norma UNE-EN 61000-4-30:2009. Compatibilidad electromagnética (CEM). Técnicas de ensayo y de medida. Métodos de medida de la calidad de suministro.
- Norma UNE-EN 61642:2000. Redes industriales de corriente alterna afectadas por armónicos - Aplicación de filtros y de condensadores estáticos de corrección.

5.4 Bibliografía

La bibliografía utilizada ha sido:

- Catálogo Philips.
- Catálogo filtros Circutor.

5.5 Programas de cálculo utilizados

Se ha utilizado un analizador de redes C.A. 8331 de la marca Chauvin para medir los valores de las potencias y los armónicos generados por cada una de las luminarias, con el programa PAT 2, que permite descargar mediante usb los datos obtenidos en el analizador

al ordenador y trabajar fácilmente con ellos exportándolos a una hoja de cálculo (Excel). Se ha empleado también el programa Matlab R2014a para la realización del circuito eléctrico correspondiente al diseño del filtro.

5.6 Definiciones y abreviaturas

Las abreviaturas a las que se hace referencia en este anexo son las que se citan a continuación:

- Frecuencia fundamental: frecuencia, en el espectro obtenido por medio de la transformada de Fourier, de una función en el tiempo, en la que están referidas todas las frecuencias del espectro. En este estudio, la frecuencia fundamental, es la misma que la frecuencia de la red de distribución de la energía.
- Frecuencia armónica: frecuencia que es un múltiplo entero de la frecuencia fundamental. La relación de la frecuencia armónica a la frecuencia fundamental se denomina orden del armónico (h).
- Armónico: cualquier componente que tenga una frecuencia armónica.
- Tasa de distorsión armónica total (THD): es la relación del valor eficaz de la suma de las componentes armónicas y del valor eficaz de la componente fundamental. Esta tasa de distorsión puede ser calculada para las corrientes (THDi) o para las tensiones (THDv).
- Compatibilidad electromagnética (CEM): es la capacidad de un equipo para funcionar en su entorno electromagnético de forma satisfactoria y sin introducir perturbaciones electromagnéticas intolerables para todo lo que se encuentra en su entorno.
- Perturbación: cualquier fenómeno electromagnético que por su presencia en el entorno electromagnético puede degradar el funcionamiento previsto de un equipo eléctrico.
- P: Potencia Activa
- Q: Potencia Reactiva
- S: Potencia Aparente
- D: Potencia de Distorsión
- PF: Factor de potencia
- A: Amperios
- VA: Voltiamperios
- VAr: Voltiamperios reactivos
- W: Vatios
- F: Faradios
- Ω : Ohmios

5.7 Requisitos de diseño

Como criterio de partida y requisitos a cumplir hay que tener en cuenta lo estipulado en la norma UNE EN 61000- 3-2. El objetivo de esta norma es fijar límites a la emisión de armónicos por equipos incluidos dentro del campo de aplicación de forma que, con la debida tolerancia de las emisiones de otros equipos, el cumplimiento de los límites asegure que los niveles de distorsión armónica no excedan de los niveles de compatibilidad definidos anteriormente. Los límites establecidos son los siguientes:

- Para los equipos de iluminación con potencias activas de entrada mayores de 25W, se tomarán como equipos de clase C y los valores límites son los que se muestran en la siguiente tabla:

Orden del armónico	Corriente armónica máxima admisible expresada en porcentaje de la corriente de entrada a la frecuencia fundamental
n	%
2	2
3	$30 \cdot \lambda^*$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$ (sólo armónicos impares)	3
* λ es el factor de potencia del circuito.	

Tabla 47.- Límites para equipos de clase C con $P > 25W$

- Para los equipos de iluminación con potencias activas de entrada menores o iguales a 25W, se tomarán como equipos de clase C y los valores límites son los que se muestran a continuación:

Orden del armónico	Corriente armónica máxima admisible por vatio	Corriente armónica máxima admisible
n	mA/W	A
3	3,4	2,30
5	1,9	1,14
7	1,0	0,77
9	0,5	0,40
11	0,35	0,33
$13 \leq n \leq 39$ (sólo armónicos impares)	$\frac{3,85}{n}$	Véase tabla 1

Tabla 48.- Límites para equipos de clase C con $P < 25W$

Todos estos requisitos están establecidos para equipos que trabajen con valores de tensión 230/400V y a una frecuencia de 50 Hz, tal y como es nuestro caso.

5.8 Descripción de la instalación

El crecimiento de los dispositivos electrónicos (equipos informáticos y electrónica de potencia) en las luminarias de última tecnología tipo LED, contribuye a la degradación de la tensión de alimentación.

Estas cargas distorsionantes (receptores no lineales), producen en la red corrientes de distorsión, que en función de su amplitud y de la impedancia de la red, pueden llegar a modificar la forma de onda senoidal.

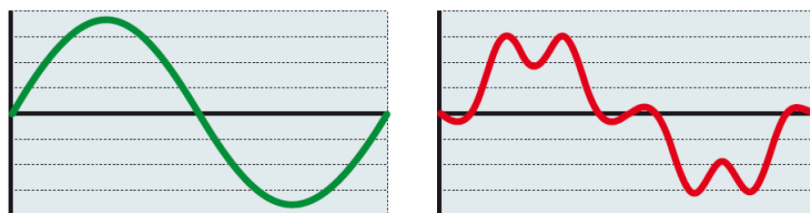


Figura 20.- Ejemplos de onda ideal y onda distorsionada.

Atendiendo a la norma UNE-EN-50160, los principales parámetros de la red que pueden verse alterados por algún tipo de perturbación son los siguientes:

- Frecuencia.
- Amplitud.
- Forma de onda.
- Simetría del sistema trifásico.

Aunque es cierto que existen varios elementos que pueden provocar perturbaciones en la red, en este caso nos centraremos en los armónicos. Los armónicos son una parte de las “no idealidades” de onda existente en una instalación y de la red, encuadradas dentro de las perturbaciones de la amplitud de la onda. Estas perturbaciones se traducen en costes (pérdidas), que son tanto técnicos como económicos.

Cuando hablamos de costes técnicos nos referimos a aquellos que conllevan una pérdida de rendimiento en la instalación por ejemplo:

- Pérdida de capacidad en líneas de distribución de la energía.
- Sobrecargas en conductores.
- Caídas de tensión.
- Pérdidas por efecto Joule en las líneas y máquinas.

Mientras que los costes económicos son aquellos que se pueden cuantificar en unidades monetarias. Ejemplo de ellos son:

- Mayor consumo eléctrico.
- Pérdidas de potencia y energía por efecto Joule.
- Recargo o pago de energía reactiva.

Para tratar de reducir estos costes, se montan los filtros, que pueden ser de varios tipos, tanto activos como pasivos.

En nuestro caso con el montaje de la nueva instalación de iluminación LED, nos veríamos involucrados en este problema, ya que tal y como se comprueba en dicho anexo y tras realizar los ensayos en el laboratorio con luminarias de idénticas o similares características a las elegidas, estas nuevas luminarias generan una distorsión en la red y unas corrientes armónicas que circulan por el neutro (armónico de orden 3 y sus múltiplos) y por las fases, generando ineficiencia en la instalación. Por ello se ha decidido montar un filtro, en nuestro caso el filtro elegido es un filtro pasivo de rechazo. Este filtro, constituido por bobinas y condensadores en paralelo, consigue bloquear las corrientes armónicas que circularán tanto por el neutro como por las líneas, optimizando así la instalación, tanto eficiente como económicamente, ya que por un lado el consumo será menor, al eliminar la corriente de distorsión que circula por el neutro y las fases y, consecuentemente al ser el consumo menor, las pérdidas serán menores, lo que traduce en un ahorro económico.

Hay que tener en cuenta que debido a la falta de datos de la distribución de las líneas, se ha considerado que en cada planta del edificio existe un cuadro secundario de alumbrado, en el cual se instalará el filtro de rechazo que bloqueará las corrientes que circulan por las fases, en nuestro caso las corrientes armónicas bloqueadas serán las de orden 5 y 7 tal y como se explica en el apartado de cálculos. Al tener 5 plantas será necesario instalar 5 filtros. De igual manera se colocarán los filtros que bloquearán la corriente armónica que circula por el neutro, en nuestro caso se ha considerado la corriente del armónico de orden 3.

5.9 Cálculos

Para poder realizar los cálculos correspondientes se ha seguido el siguiente procedimiento:

- En primer lugar, se ha llevado a cabo el conexionado de las luminarias de diferentes potencias a la red. monofásica, mediante el cableado de fase y neutro.
- A continuación se le ajusta la tensión en la fuente de alimentación a 230 V, teniendo en cuenta que este valor no es fijo y que puede presentar pequeñas oscilaciones, tal y como se observará en imágenes posteriores.
- Una vez hecho esto, se visualizan los valores obtenidos y se realizan las comprobaciones de las corrientes de distorsión y los valores de los armónicos.
- Por último se calculan los parámetros del filtro de rechazo.

Este procedimiento se llevará a cabo para cada una de las luminarias de potencias diferentes, obteniendo los valores unitarios que se muestran a continuación.

5.9.1 Luminaria Philips SM461V W57L57 1xLED28S/840

Esta luminaria, utilizada principalmente para garantizar los valores mínimos de iluminancia en los despachos del edificio, tiene una potencia de 22 W, tal y como viene definida en el catálogo del fabricante. Al conectarla al analizador podemos visualizar la forma de onda y los valores de los parámetros que presenta, al alimentarla con una tensión de 231,6 V, una corriente de 158 mA y a la frecuencia de 50 Hz, que son los que se muestran a continuación:

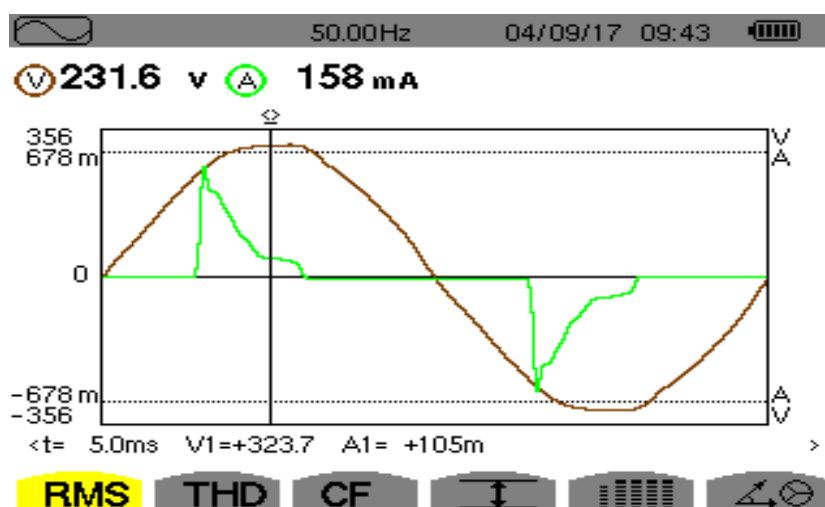


Figura 21.- Forma de onda luminaria 22 W

Parámetro	L1
P (W)	22
Q (var)	-9
D (var)	28
S (VA)	36
PF	0,599
Cos ϕ (DPF)	0,917
Tan ϕ	-0,435
ϕ (P)	-24

Tabla 49.- Parámetros luminaria 22 W

5. ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

Pablo Gómez Vidal

Tras llevar a cabo el análisis obtenemos que la luminaria LED presenta una potencia activa de 22 W tal y como nos indicaba el fabricante, pero hay que tener en cuenta también la potencia reactiva de carácter capacitivo de 9 VAr, que se traduce en una potencia aparente total de 36 VA, por lo que el factor de potencia es diferente de 1. Con estos datos podemos afirmar que el receptor está consumiendo potencias ineficientes (Q), lo que provoca que la corriente consumida sea mayor a la necesaria ya que esta vendrá determinada por el valor de la potencia aparente.

Esto está influyendo en el dimensionado de la red, ya que si se dimensiona la red teniendo en cuenta únicamente la potencia activa, los resultados de la corriente que circula por el cable serán mucho menores que si tenemos en cuenta la potencia aparente y real que está circulando por la misma, ya que la relación de potencias para este caso es :

$$relación\ potencias = \frac{S}{P} = \frac{36}{22} = 1,64$$

Con ello quiero decir que a pesar de que estamos pagando por un valor de consumo de 22 W en este caso, en realidad se está consumiendo más potencia.

Además el valor de la tasa de distorsión de corriente obtenido es del 76% y vemos que la luminaria está generando una potencia de distorsión (D) en la red que en este caso tiene un valor de 28 VAr. Esta potencia de distorsión viene generada por los armónicos que se muestran en la siguiente tabla:

Armónicos	Tensión			Corriente		
	% f	rms	°	% f	rms	°
0	0	0	---	---	---	---
1	100	232	0	100	0,102	0
2	0	0	---	0	0	---
3	0,4	0,9	-162	77,9	0,079458	176
4	0	0	---	0,1	0,000102	36
5	0,5	1,2	76	50,1	0,051102	8
6	0	0	---	0,2	0,000204	-174
7	1,5	3,5	58	38	0,03876	-142
8	0	0	---	0,2	0,000204	-17
9	0,4	0,9	165	35,5	0,03621	58
10	0	0	---	0,2	0,000204	144
11	0,5	1,2	42	25,8	0,026316	-108
12	0	0	---	0,2	0,000204	-51
13	0,3	0,7	103	15,8	0,016116	108
14	0	0	---	0,2	0,000204	114
15	0,1	0,2	-132	16,7	0,017034	-30
16	0	0	---	0,2	0,000204	-81
17	0	0	---	16,2	0,016524	169
18	0	0	---	0,1	0,000102	93
19	0	0	---	11,7	0,011934	15
20	0	0	---	0,1	0,000102	-87

Tabla 50.- Armónicos generados por la luminaria de 22W

Hay que tener en cuenta que aunque el analizador nos muestra valores para los 50 primeros armónicos tanto de tensión como de corriente, nosotros sólo consideramos los valores de los siete primeros para realizar los cálculos, ya que consideramos que son los de mayor influencia por tener mayor valor y que a partir de ahí los valores empiezan a disminuir tal y como se aprecia en la tabla anterior. De igual manera sólo se considerarán para los armónicos impares, dado que los pares prácticamente se cancelan entre ellos y tienen valores despreciables.

Una vez obtenido esto nos disponemos a calcular las corrientes de distorsión que circulan por las fases y por el neutro de la instalación, así como las pérdidas totales que se producen en la misma, teniendo en cuenta que:

- El primer armónico (1) es el de frecuencia fundamental
- La corriente de distorsión que circula por el neutro (I_3) es la generada por el tercer armónico (3)
- La corriente de distorsión que circula por las fases (I_5 e I_7) será la generada por los armónicos quinto (5) y séptimo (7).

Por lo tanto:

$$I_3 = 74,46 \text{ mA} \quad I_5 = 51,10 \text{ mA} \quad I_7 = 38,76 \text{ mA}$$

5.9.2 Luminaria Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO

Esta luminaria, utilizada principalmente para garantizar los valores mínimos de iluminancia en las aulas del edificio, tiene una potencia de 38,5 W, tal y como viene definida en el catálogo del fabricante. Al conectarla al analizador podemos visualizar la forma de onda y los valores de los parámetros que presenta, al alimentarla con una tensión de 234 V, una corriente de 267 mA y a la frecuencia de 50 Hz, que son los que se muestran a continuación:

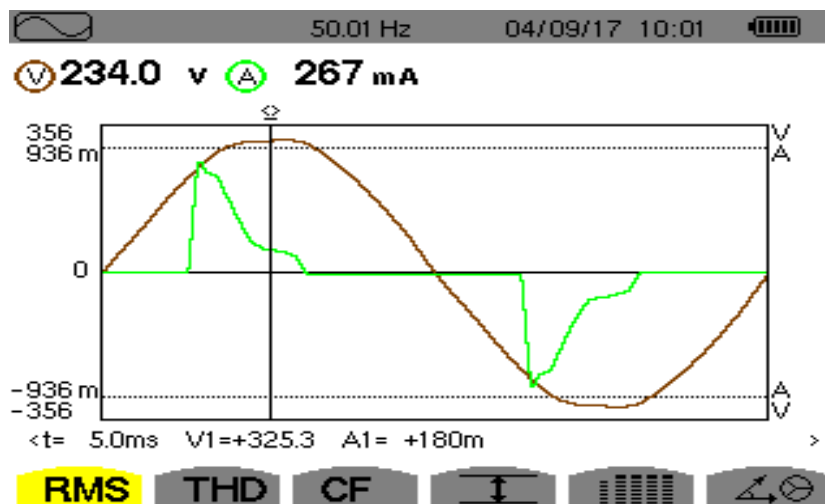


Figura 22.- Forma de onda luminaria 38,5 W

Parámetro	L1
P (W)	39
Q (var)	-18
D (var)	46
S (VA)	63
PF	0,617
Cos ϕ (DPF)	0,905
Tan ϕ	-0,471
ϕ (P)	-25

Tabla 51.- Parámetros luminaria 38,5 W

5. ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

Pablo Gómez Vidal

Tras llevar a cabo el análisis obtenemos que la luminaria LED presenta una potencia activa de 39 W un poco superior a la indicada por el fabricante, pero hay que tener en cuenta también la potencia reactiva de carácter capacitivo de 18 VAr, que se traduce en una potencia aparente total de 63 VA, por lo que el factor de potencia es diferente de 1. Con estos datos podemos afirmar que el receptor está consumiendo potencias ineficientes (Q), lo que provoca que la corriente consumida sea mayor a la necesaria ya que esta vendrá determinada por el valor de la potencia aparente.

Esto está influyendo en el dimensionado de la red, ya que si se dimensiona la red teniendo en cuenta únicamente la potencia activa, los resultados de la corriente que circula por el cable serán mucho menores que si tenemos en cuenta la potencia aparente y real que está circulando por la misma, ya que la relación de potencias para este caso es :

$$relación\ potencias = \frac{S}{P} = \frac{63}{39} = 1,62$$

Con ello quiero decir que a pesar de que estamos pagando por un valor de consumo de 39 W en este caso, en realidad se está consumiendo más potencia.

Además el valor de la tasa de distorsión de corriente obtenido es del 73,7% y vemos que la luminaria está generando una potencia de distorsión (D) en la red que en este caso tiene un valor de 46 VAr. Esta potencia de distorsión viene generada por los armónicos que se muestran en la siguiente tabla:

Armónicos	Tensión			Corriente		
	% f	rms	°	% f	rms	°
0	0	0	---	---	---	---
1	100	234	0	100	0,181	0
2	0	0	---	0,1	0,000181	-128
3	0,3	0,702	-161	76,1	0,137741	177
4	0	0	---	0,1	0,000181	31
5	0,8	1,872	148	47,8	0,086518	12
6	0	0	---	0,1	0,000181	-161
7	1,1	2,574	47	37,1	0,067151	-137
8	0	0	---	0,2	0,000362	13
9	0,4	0,936	174	32,5	0,058825	61
10	0	0	---	0,2	0,000362	-176
11	0,4	0,936	43	20,4	0,036924	-103
12	0	0	---	0,1	0,000181	9
13	0,2	0,468	87	12,4	0,022444	127
14	0	0	---	0,1	0,000181	-169
15	0,1	0,234	-138	13,7	0,024797	-15
16	0	0	---	0,1	0,000181	13
17	0	0	---	10,8	0,019548	-172
18	0	0	---	0	0	---
19	0	0	---	8,3	0,015023	55
20	0	0	---	0	0	---

Tabla 52.- Armónicos generados por la luminaria de 38,5W

Hay que tener en cuenta que aunque el analizador nos muestra valores para los 50 primeros armónicos tanto de tensión como de corriente, nosotros sólo consideramos los valores de los siete primeros para realizar los cálculos, ya que consideramos que son los de mayor influencia por tener mayor valor y que a partir de ahí los valores empiezan a disminuir tal y como se aprecia en la tabla anterior. De igual manera sólo se considerarán para los armónicos impares, dado que los pares prácticamente se cancelan entre ellos y tienen valores despreciables.

Una vez obtenido esto nos disponemos a calcular las corrientes de distorsión que circulan por las fases y por el neutro de la instalación, así como las pérdidas totales que se producen en la misma, teniendo en cuenta que:

- El primer armónico (1) es el de frecuencia fundamental
- La corriente de distorsión que circula por el neutro (I_3) es la generada por el tercer armónico (3)
- La corriente de distorsión que circula por las fases (I_5 e I_7) será la generada por los armónicos quinto (5) y séptimo (7).

Por lo tanto:

$$I_3 = 137,74 \text{ mA} \quad I_5 = 86,52 \text{ mA} \quad I_7 = 67,15 \text{ mA}$$

5.9.3 Luminaria Philips WT460C L700 1xLED23S/840 O

Esta luminaria, utilizada principalmente para garantizar los valores mínimos de iluminancia en los almacenes, servicios y vestuarios, salas de control y otras estancias del edificio, tiene una potencia de 19.8 W, tal y como viene definida en el catálogo del fabricante. Al conectarla al analizador podemos visualizar la forma de onda y los valores de los parámetros que presenta, al alimentarla con una tensión de 230,8 V, una corriente de 156 mA y a la frecuencia de 50 Hz, que son los que se muestran a continuación:

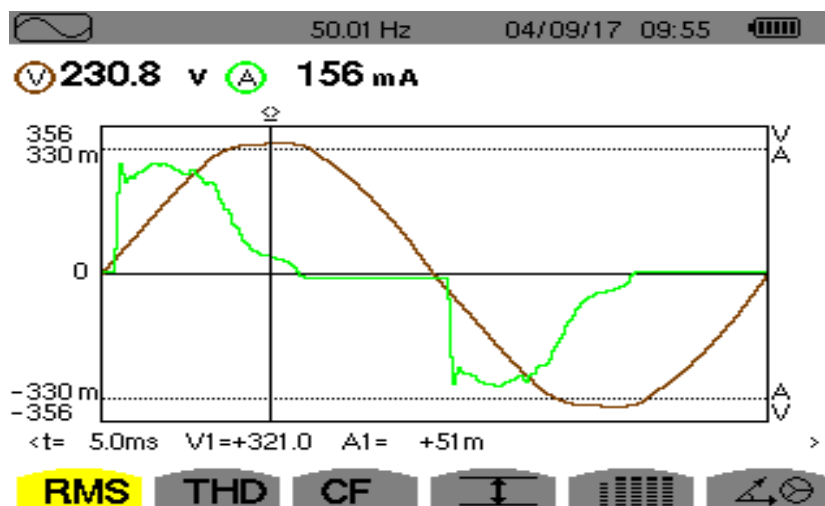


Figura 23.- Forma de onda luminaria 19,8 W

Parámetro	L1
P (W)	20
Q (var)	-24
D (var)	18
S (VA)	36
PF	0,556
Cos ϕ (DPF)	0,649
Tan ϕ	-1,171
ϕ (P)	-50

Tabla 53.- Parámetros luminaria 19,8 W

Tras llevar a cabo el análisis obtenemos que la luminaria LED presenta una potencia activa de 20 W un poco superior a la indicada por el fabricante, pero hay que tener en cuenta también la potencia reactiva de carácter capacitivo de 24 VAR, que se traduce en una potencia aparente total de 36 VA, por lo que el factor de potencia es diferente de 1. Con

5. ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

Pablo Gómez Vidal

estos datos podemos afirmar que el receptor está consumiendo potencias ineficientes (Q), lo que provoca que la corriente consumida sea mayor a la necesaria ya que esta vendrá determinada por el valor de la potencia aparente.

Esto está influyendo en el dimensionado de la red, ya que si se dimensiona la red teniendo en cuenta únicamente la potencia activa, los resultados de la corriente que circula por el cable serán mucho menores que si tenemos en cuenta la potencia aparente y real que está circulando por la misma, ya que la relación de potencias para este caso es :

$$relación\ potencias = \frac{S}{P} = \frac{36}{20} = 1,8$$

Con ello quiero decir que a pesar de que estamos pagando por un valor de consumo de 20 W en este caso, en realidad se está consumiendo más potencia.

Además el valor de la tasa de distorsión de corriente obtenido es del 50,8% y vemos que la luminaria está generando una potencia de distorsión (D) en la red que en este caso tiene un valor de 18 VAR. Esta potencia de distorsión viene generada por los armónicos que se muestran en la siguiente tabla:

Armónicos	Tensión			Corriente		
	% f	rms	°	% f	rms	°
0	0	0	---	---	---	---
1	100	230,8	0	100	0,134	0
2	0	0	---	0	0	---
3	0,4	0,9232	-161	52,3	0,070082	-178
4	0	0	---	0	0	---
5	0,8	1,8464	151	15,9	0,021306	48
6	0	0	---	0,1	0,000134	84
7	1,1	2,5388	51	9	0,01206	-29
8	0	0	---	0,1	0,000134	-87
9	0,4	0,9232	-179	12,4	0,016616	-156
10	0	0	---	0	0	---
11	0,3	0,6924	41	4,8	0,006432	73
12	0	0	---	0	0	---
13	0,2	0,4616	104	6,3	0,008442	-9
14	0	0	---	0	0	---
15	0	0	---	4,7	0,006298	-125
16	0	0	---	0	0	---
17	0	0	---	5,5	0,00737	118
18	0	0	---	0	0	---
19	0	0	---	4,4	0,005896	7
20	0	0	---	0	0	---

Tabla 54.- Armónicos generados por la luminaria de 19,8W

Hay que tener en cuenta que aunque el analizador nos muestra valores para los 50 primeros armónicos tanto de tensión como de corriente, nosotros sólo consideramos los valores de los siete primeros para realizar los cálculos, ya que consideramos que son los de mayor influencia por tener mayor valor y que a partir de ahí los valores empiezan a disminuir tal y como se aprecia en la tabla anterior. De igual manera sólo se considerarán para los armónicos impares, dado que los pares prácticamente se cancelan entre ellos y tienen valores despreciables.

Una vez obtenido esto nos disponemos a calcular las corrientes de distorsión que circulan por las fases y por el neutro de la instalación, así como las pérdidas totales que se producen en la misma, teniendo en cuenta que:

- El primer armónico (1) es el de frecuencia fundamental
- La corriente de distorsión que circula por el neutro (I_3) es la generada por el tercer armónico (3)
- La corriente de distorsión que circula por las fases (I_5 e I_7) será la generada por los armónicos quinto (5) y séptimo (7).

Por lo tanto:

$$I_3 = 70,08 \text{ mA}$$

$$I_5 = 21,31 \text{ mA}$$

$$I_7 = 12,06 \text{ mA}$$

5.9.4 Luminaria Philips WT470C L1300 1xLED23S/840 VWB y WT470C L700 1xLED23S/840 O

Estas luminarias, utilizada principalmente para garantizar los valores mínimos de iluminancia en las áreas de circulación, vestíbulos, y algunos almacenes y salas de control y, tienen una potencia de 16.4 W, tal y como viene definida en el catálogo del fabricante. Al conectarla al analizador podemos visualizar la forma de onda y los valores de los parámetros que presenta, al alimentarla con una tensión de 234,1 V, una corriente de 110 mA y a la frecuencia de 50 Hz, que son los que se muestran a continuación:

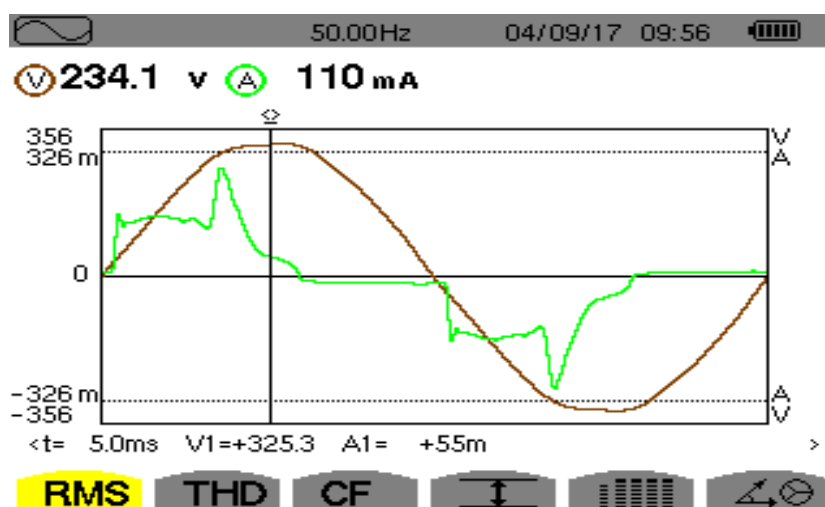


Figura 24.- Forma de onda luminarias 16,4 W

Parámetro	L1
P (W)	16
Q (var)	-16
D (var)	12
S (VA)	26
PF	0,63
Cos ϕ (DPF)	0,709
Tan ϕ	-0,995
ϕ (P)	-45

Tabla 55.- Parámetros luminarias 16,4 W

Tras llevar a cabo el análisis obtenemos que la luminaria LED presenta una potencia activa de 16 W un poco inferior a la indicada por el fabricante, pero hay que tener en cuenta también la potencia reactiva de carácter capacitivo de 16 VAR, que se traduce en una potencia aparente total de 26 VA, por lo que el factor de potencia es diferente de 1. Con estos datos podemos afirmar que el receptor está consumiendo potencias ineficientes (Q), lo que provoca que la corriente consumida sea mayor a la necesaria ya que esta vendrá determinada por el valor de la potencia aparente.

5. ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

Pablo Gómez Vidal

Esto está influyendo en el dimensionado de la red, ya que si se dimensiona la red teniendo en cuenta únicamente la potencia activa, los resultados de la corriente que circula por el cable serán mucho menores que si tenemos en cuenta la potencia aparente y real que está circulando por la misma, ya que la relación de potencias para este caso es :

$$\text{relación potencias} = \frac{S}{P} = \frac{26}{16} = 1,625$$

Con ello quiero decir que a pesar de que estamos pagando por un valor de consumo de 16 W en este caso, en realidad se está consumiendo más potencia.

Además el valor de la tasa de distorsión de corriente obtenido es del 45,7% y vemos que la luminaria está generando una potencia de distorsión (D) en la red que en este caso tiene un valor de 12 VAr. Esta potencia de distorsión viene generada por los armónicos que se muestran en la siguiente tabla:

Armónicos	Tensión			Corriente		
	% f	rms	°	% f	rms	°
0	0	0	---	---	---	---
1	100	234	0	100	0,098	0
2	0	0	---	0	0	---
3	0,4	0,936	-152	39,5	0,03871	162
4	0	0	---	0,1	0,000098	-75
5	0,7	1,638	152	8,9	0,008722	-166
6	0	0	---	0,2	0,000196	76
7	1,1	2,574	49	18,8	0,018424	9
8	0	0	---	0,1	0,000098	-131
9	0,4	0,936	-179	13,6	0,013328	-166
10	0	0	---	0,1	0,000098	-46
11	0,3	0,702	40	8	0,00784	-77
12	0	0	---	0,2	0,000196	90
13	0,2	0,468	108	13,1	0,012838	64
14	0	0	---	0,1	0,000098	-122
15	0	0	---	5,9	0,005782	-117
16	0	0	---	0,1	0,000098	-12
17	0	0	---	2,1	0,002058	-47
18	0	0	---	0,1	0,000098	143
19	0	0	---	7,3	0,007154	138
20	0	0	---	0	0	---

Tabla 56.- Armónicos generados por las luminarias de 16,4W

Hay que tener en cuenta que aunque el analizador nos muestra valores para los 50 primeros armónicos tanto de tensión como de corriente, nosotros sólo consideramos los valores de los siete primeros para realizar los cálculos, ya que consideramos que son los de mayor influencia por tener mayor valor y que a partir de ahí los valores empiezan a disminuir tal y como se aprecia en la tabla anterior. De igual manera sólo se considerarán para los armónicos impares, dado que los pares prácticamente se cancelan entre ellos y tienen valores despreciables.

Una vez obtenido esto nos disponemos a calcular las corrientes de distorsión que circulan por las fases y por el neutro de la instalación, así como las pérdidas totales que se producen en la misma, teniendo en cuenta que:

- El primer armónico (1) es el de frecuencia fundamental
- La corriente de distorsión que circula por el neutro (I_3) es la generada por el tercer armónico (3)
- La corriente de distorsión que circula por las fases (I_5 e I_7) será la generada por los armónicos quinto (5) y séptimo (7).

Por lo tanto:

$$I_3 = 38,71 \text{ mA}$$

$$I_5 = 8,72 \text{ mA}$$

$$I_7 = 18,42 \text{ mA}$$

5.9.5 Luminaria Philips RS343B 1xLED27S/840 MB

Esta luminaria, utilizada para garantizar los valores mínimos de iluminancia en el escenario del salón de actos del centro, tiene una potencia de 24 W, tal y como viene definida en el catálogo del fabricante. Al conectarla al analizador podemos visualizar la forma de onda y los valores de los parámetros que presenta, al alimentarla con una tensión de 234 V, una corriente de 167 mA y a la frecuencia de 50 Hz, que son los que se muestran a continuación:

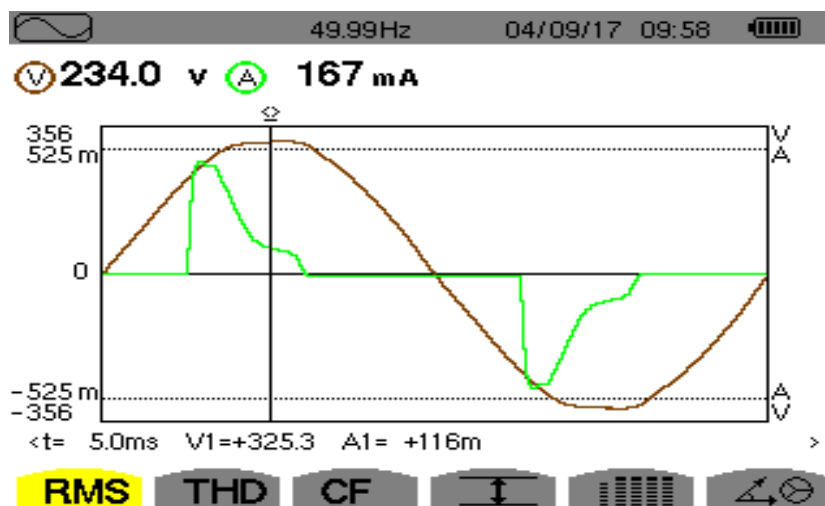


Figura 25.- Forma de onda luminaria 24 W

Parámetro	L1
P (W)	24
Q (var)	-12
D (var)	28
S (VA)	39
PF	0,626
Cos ϕ (DPF)	0,903
Tan ϕ	-0,477
ϕ (P)	-25

Tabla 57.- Parámetros luminaria 24 W

Tras llevar a cabo el análisis obtenemos que la luminaria LED presenta una potencia activa de 24 W tal y como lo indicada el fabricante, pero hay que tener en cuenta también la potencia reactiva de carácter capacitivo de 12 VAR, que se traduce en una potencia aparente total de 39 VA, por lo que el factor de potencia es diferente de 1. Con estos datos podemos afirmar que el receptor está consumiendo potencias ineficientes (Q), lo que provoca que la corriente consumida sea mayor a la necesaria ya que esta vendrá determinada por el valor de la potencia aparente.

Esto está influyendo en el dimensionado de la red, ya que si se dimensiona la red teniendo en cuenta únicamente la potencia activa, los resultados de la corriente que circula por el cable serán mucho menores que si tenemos en cuenta la potencia aparente y real que está circulando por la misma, ya que la relación de potencias para este caso es :

$$\text{relación potencias} = \frac{S}{P} = \frac{39}{24} = 1,625$$

5. ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

Pablo Gómez Vidal

Con ello quiero decir que a pesar de que estamos pagando por un valor de consumo de 24 W en este caso, en realidad se está consumiendo más potencia.

Además el valor de la tasa de distorsión de corriente obtenido es del 72,6% y vemos que la luminaria está generando una potencia de distorsión (D) en la red que en este caso tiene un valor de 28 VAr. Esta potencia de distorsión viene generada por los armónicos que se muestran en la siguiente tabla:

Armónicos	Tensión			Corriente		
	% f	rms	°	% f	rms	°
0	0	0	---	---	---	---
1	100	233,9	0	100	0,115	0
2	0	0	---	0,1	0,000115	-131
3	0,3	0,7017	-159	75,4	0,08671	178
4	0	0	---	0,1	0,000115	-6
5	0,8	1,8712	147	46,4	0,05336	13
6	0	0	---	0	0	---
7	1,1	2,5729	46	35,4	0,04071	-135
8	0	0	---	0	0	---
9	0,4	0,9356	-179	30,7	0,035305	63
10	0	0	---	0,1	0,000115	-102
11	0,3	0,7017	43	18,6	0,02139	-100
12	0	0	---	0,1	0,000115	46
13	0,1	0,2339	95	11,3	0,012995	134
14	0	0	---	0	0	---
15	0	0	---	12,6	0,01449	-9
16	0	0	---	0	0	---
17	0	0	---	9,5	0,010925	-165
18	0	0	---	0	0	---
19	0	0	---	7,4	0,00851	66
20	0	0	---	0	0	---

Tabla 58.- Armónicos generados por la luminaria de 24W

Hay que tener en cuenta que aunque el analizador nos muestra valores para los 50 primeros armónicos tanto de tensión como de corriente, nosotros sólo consideramos los valores de los siete primeros para realizar los cálculos, ya que consideramos que son los de mayor influencia por tener mayor valor y que a partir de ahí los valores empiezan a disminuir tal y como se aprecia en la tabla anterior. De igual manera sólo se considerarán para los armónicos impares, dado que los pares prácticamente se cancelan entre ellos y tienen valores despreciables.

Una vez obtenido esto nos disponemos a calcular las corrientes de distorsión que circulan por las fases y por el neutro de la instalación, así como las pérdidas totales que se producen en la misma, teniendo en cuenta que:

- El primer armónico (1) es el de frecuencia fundamental
- La corriente de distorsión que circula por el neutro (I_3) es la generada por el tercer armónico (3)
- La corriente de distorsión que circula por las fases (I_5 e I_7) será la generada por los armónicos quinto (5) y séptimo (7).

Por lo tanto:

$$I_3 = 86,71 \text{ mA} \quad I_5 = 53,36 \text{ mA} \quad I_7 = 40,71 \text{ mA}$$

5.9.6 Luminaria Philips DN130B D165 1xLED10S/840

Esta luminaria, utilizada para garantizar los valores mínimos de iluminancia en la zona de las butacas del salón de actos del centro, tiene una potencia de 11,6 W, tal y como viene definida en el catálogo del fabricante. Al conectarla al analizador podemos visualizar la forma de onda y los valores de los parámetros que presenta, al alimentarla con una tensión

5. ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

Pablo Gómez Vidal

de 231,1 V, una corriente de 92 mA y a la frecuencia de 50 Hz, que son los que se muestran a continuación:

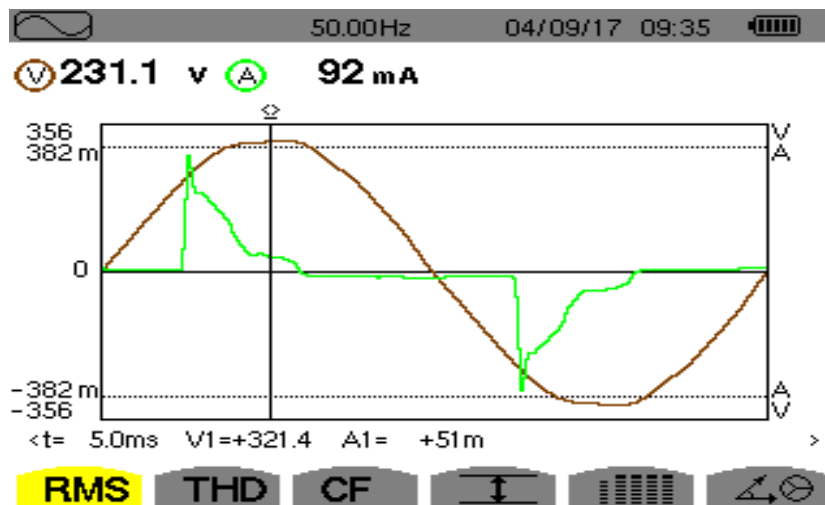


Figura 26.- Forma de onda luminaria 11,6 W

Parámetro	L1
P (W)	12
Q (var)	-8
D (var)	15
S (VA)	21
PF	0,569
Cos ϕ (DPF)	0,823
Tan ϕ	-0,69
ϕ (P)	-35

Tabla 59.- Parámetros luminaria 11,6 W

Tras llevar a cabo el análisis obtenemos que la luminaria LED presenta una potencia activa de 12 W, un poco superior a la indicada el fabricante, pero hay que tener en cuenta también la potencia reactiva de carácter capacitivo de 8 VAR, que se traduce en una potencia aparente total de 21 VA, por lo que el factor de potencia es diferente de 1. Con estos datos podemos afirmar que el receptor está consumiendo potencias ineficientes (Q), lo que provoca que la corriente consumida sea mayor a la necesaria ya que esta vendrá determinada por el valor de la potencia aparente.

Esto está influyendo en el dimensionado de la red, ya que si se dimensiona la red teniendo en cuenta únicamente la potencia activa, los resultados de la corriente que circula por el cable serán mucho menores que si tenemos en cuenta la potencia aparente y real que está circulando por la misma, ya que la relación de potencias para este caso es :

$$\text{relación potencias} = \frac{S}{P} = \frac{21}{12} = 1,75$$

Con ello quiero decir que a pesar de que estamos pagando por un valor de consumo de 12 W en este caso, en realidad se está consumiendo más potencia.

Además el valor de la tasa de distorsión de corriente obtenido es del 72,5% y vemos que la luminaria está generando una potencia de distorsión (D) en la red que en este caso tiene

5. ANEXO II: ESTUDIO DE ARMÓNICOS

Pablo Gómez Vidal

un valor de 15 VAr. Esta potencia de distorsión viene generada por los armónicos que se muestran en la siguiente tabla:

Armónicos	Tensión			Corriente		
	% f	rms	°	% f	rms	°
0	0	0	---	---	---	---
1	100	231	0	100	0,063	0
2	0	0	---	0	0	---
3	0,2	0,462	-161	70,6	0,044478	160
4	0	0	---	0	0	---
5	0,7	1,617	148	44,6	0,028098	-14
6	0	0	---	0,1	0,000063	172
7	1,1	2,541	55	36,2	0,022806	-176
8	0	0	---	0,1	0,000063	-29
9	0,4	0,924	-163	29,8	0,018774	7
10	0	0	---	0,2	0,000126	103
11	0,4	0,924	39	16,4	0,010332	-162
12	0	0	---	0,2	0,000126	-101
13	0,3	0,693	122	13,6	0,008568	68
14	0	0	---	0,2	0,000126	46
15	0,1	0,231	-178	14,6	0,009198	-93
16	0	0	---	0,1	0,000063	-152
17	0	0	---	12,6	0,007938	105
18	0	0	---	0,1	0,000063	1
19	0	0	---	12,8	0,008064	-51
20	0	0	---	0	0	---

Tabla 60.- Armónicos generados por la luminaria de 11,6 W

Hay que tener en cuenta que aunque el analizador nos muestra valores para los 50 primeros armónicos tanto de tensión como de corriente, nosotros sólo consideramos los valores de los siete primeros para realizar los cálculos, ya que consideramos que son los de mayor influencia por tener mayor valor y que a partir de ahí los valores empiezan a disminuir tal y como se aprecia en la tabla anterior. De igual manera sólo se considerarán para los armónicos impares, dado que los pares prácticamente se cancelan entre ellos y tienen valores despreciables.

Una vez obtenido esto nos disponemos a calcular las corrientes de distorsión que circulan por las fases y por el neutro de la instalación, así como las pérdidas totales que se producen en la misma, teniendo en cuenta que:

- El primer armónico (1) es el de frecuencia fundamental
- La corriente de distorsión que circula por el neutro (I_3) es la generada por el tercer armónico (3)
- La corriente de distorsión que circula por las fases (I_5 e I_7) será la generada por los armónicos quinto (5) y séptimo (7).

Por lo tanto:

$$I_3 = 44,48 \text{ mA}$$

$$I_5 = 28,1 \text{ mA}$$

$$I_7 = 22,81 \text{ mA}$$

5.10 Resultados obtenidos

Una vez calculados los armónicos que produce cada una de las luminarias empleadas en este proyecto, lo que tendremos que hacer será calcular las corrientes totales de distorsión que circulan por cada una de las fases y por el neutro, así como la distorsión y las pérdidas totales que se producen en cada planta en función del número de luminarias que tengamos de cada tipo, para poder obtener la distorsión que se produce en total y poder diseñar el filtro adecuado para bloquear estas corrientes.

Para ello se ha supuesto, que en cada una de las plantas del edificio existe un cuadro secundario de alumbrado. En dicho cuadro será donde se colocará el filtro que bloqueará e

impedirá que estas corrientes distorsionadas circulen por nuestra instalación, consiguiendo así la optimización de la misma.

5.10.1 Planta Sótano

Para poder calcular los valores mencionados anteriormente es necesario saber el número de luminarias de cada tipo que tenemos en esta planta y las corrientes armónicas de distorsión unitarias para cada tipo de luminaria calculadas anteriormente. Teniendo en cuenta que en esta planta tenemos:

- 35 luminarias de 22 W
- 30 luminarias de 38,5 W
- 29 luminarias de 19,8 W
- 13 luminarias de 16,4 W

Aplicando la fórmula siguiente podremos calcular las corrientes de distorsión totales:

$$I_{hT} = \sum_{x=1}^4 I_{hx} \cdot N^{\circ} \text{Luminarias}_x$$

Donde h es el orden del armónico y x es el tipo de luminarias, tomando:

- x=1 para luminarias de 22 W
- x=2 para luminarias de 38,5 W
- x=3 para luminarias de 19,8 W
- x=4 para luminarias de 16,4 W

Para calcular la distorsión utilizaremos la siguiente fórmula:

$$D = V \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{hT}^2}$$

Donde h es el orden del armónico y V es la tensión de alimentación de luminarias.

Por último para calcular las pérdidas, la fórmula a utilizar será:

$$\text{Pérdidas} = I_{hT}^2 \cdot R \text{ (W)}$$

Donde h es el orden del armónico y R es la resistencia, que depende de la resistividad, la longitud del cable y la sección del mismo. Por no poder calcular estos valores, ya que no los conocemos en la instalación existente, las pérdidas se dejarán en función de dicho parámetro.

5.10.1.1 Corriente de distorsión que circula por el neutro

$$I_{3T} = 74,46 \cdot 35 + 137,74 \cdot 30 + 70,08 \cdot 29 + 38,71 \cdot 13 = 9.273,85 \text{ mA} = 9,27 \text{ A}$$

5.10.1.2 Corriente de distorsión que circula por las fases

$$I_{5T} = 51,1 \cdot 35 + 86,52 \cdot 30 + 21,31 \cdot 29 + 8,72 \cdot 13 = 5.115,5 \text{ mA} = 5,12 \text{ A}$$

$$I_{7T} = 38,76 \cdot 35 + 67,15 \cdot 30 + 12,06 \cdot 29 + 18,42 \cdot 13 = 3.960,3 \text{ mA} = 3,96 \text{ A}$$

5.10.1.3 Distorsión

$$D = 230 \cdot \sqrt{(9,27)^2 + (5,12)^2 + (3,96)^2} = 2.600,41 \text{ VAr}$$

5.10.1.4 Pérdidas por efecto Joule

$$Pérdidas_{3T} = I_{3T}^2 \cdot R = (9,27)^2 \cdot R = 85,93 \cdot R \text{ (W)}$$

$$Pérdidas_{5T} = I_{5T}^2 \cdot R = (5,12)^2 \cdot R = 26,21 \cdot R \text{ (W)}$$

$$Pérdidas_{7T} = I_{7T}^2 \cdot R = (3,96)^2 \cdot R = 15,68 \cdot R \text{ (W)}$$

5.10.2 Planta Baja

Para poder calcular los valores mencionados anteriormente es necesario saber el número de luminarias de cada tipo que tenemos en esta planta y las corrientes armónicas de distorsión unitarias para cada tipo de luminaria calculadas anteriormente. Teniendo en cuenta que en esta planta tenemos:

- 142 luminarias de 22 W
- 277 luminarias de 38,5 W
- 94 luminarias de 19,8 W
- 128 luminarias de 16,4 W
- 21 luminarias de 24 W
- 31 luminarias de 11,6 W

Aplicando la fórmula siguiente podremos calcular las corrientes de distorsión totales:

$$I_{hT} = \sum_{x=1}^6 I_{hx} \cdot N^{\circ} \text{ Luminarias}_x$$

Donde h es el orden del armónico y x es el tipo de luminarias, tomando:

- x=1 para luminarias de 22 W
- x=2 para luminarias de 38,5 W
- x=3 para luminarias de 19,8 W
- x=4 para luminarias de 16,4 W
- x=5 para luminarias de 24 W
- x=6 para luminarias de 11,6 W

Para calcular la distorsión utilizaremos la siguiente fórmula:

$$D = V \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{hT}^2}$$

Donde h es el orden del armónico y V es la tensión de alimentación de luminarias.

Por último para calcular las pérdidas, la fórmula a utilizar será:

$$Pérdidas = I_{hT}^2 \cdot R \text{ (W)}$$

Donde h es el orden del armónico y R es la resistencia, que depende de la resistividad, la longitud del cable y la sección del mismo. Por no poder calcular estos valores, ya que no los conocemos en la instalación existente, las pérdidas se dejarán en función de dicho parámetro.

5.10.2.1 Corriente de distorsión que circula por el neutro

$$I_{3T} = 74,46 \cdot 142 + 137,74 \cdot 277 + 70,08 \cdot 94 + 38,71 \cdot 128 + 86,71 \cdot 21 + 44,48 \cdot 31 =$$

$$I_{3T} = 63.469,49 \text{ mA} = 63,47 \text{ A}$$

5.10.2.2 Corriente de distorsión que circula por las fases

$$I_{5T} = 51,1 \cdot 142 + 86,52 \cdot 277 + 21,31 \cdot 94 + 8,72 \cdot 128 + 53,36 \cdot 21 + 28,1 \cdot 31$$

$$I_{5T} = 36.333,2 \text{ mA} = 36,33 \text{ A}$$

$$I_{7T} = 38,76 \cdot 142 + 67,15 \cdot 277 + 12,06 \cdot 94 + 18,42 \cdot 128 + 40,71 \cdot 21 + 22,81 \cdot 31$$

$$I_{7T} = 29.157,89 \text{ mA} = 29,16 \text{ A}$$

5.10.2.3 Distorsión

$$D = 230 \cdot \sqrt{(63,47)^2 + (36,33)^2 + (29,16)^2} = 18.108,19 \text{ VAr}$$

5.10.2.4 Pérdidas por efecto Joule

$$Pérdidas_{3T} = I_{3T}^2 \cdot R = (63,47)^2 \cdot R = 4.028,44 \cdot R \text{ (W)}$$

$$Pérdidas_{5T} = I_{5T}^2 \cdot R = (36,33)^2 \cdot R = 1.319,87 \cdot R \text{ (W)}$$

$$Pérdidas_{7T} = I_{7T}^2 \cdot R = (29,16)^2 \cdot R = 850,31 \cdot R \text{ (W)}$$

5.10.3 Primera Planta

Para poder calcular los valores mencionados anteriormente es necesario saber el número de luminarias de cada tipo que tenemos en esta planta y las corrientes armónicas de distorsión unitarias para cada tipo de luminaria calculadas anteriormente. Teniendo en cuenta que en esta planta tenemos:

- 67 luminarias de 22 W
- 215 luminarias de 38,5 W
- 29 luminarias de 19,8 W
- 34 luminarias de 16,4 W

Aplicando la fórmula siguiente podremos calcular las corrientes de distorsión totales:

$$I_{hT} = \sum_{x=1}^4 I_{hx} \cdot N^{\circ} \text{ Luminarias}_x$$

Donde h es el orden del armónico y x es el tipo de luminarias, tomando:

- x=1 para luminarias de 22 W
- x=2 para luminarias de 38,5 W
- x=3 para luminarias de 19,8 W
- x=4 para luminarias de 16,4 W

Para calcular la distorsión utilizaremos la siguiente fórmula:

$$D = V \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{hT}^2}$$

Donde h es el orden del armónico y V es la tensión de alimentación de luminarias.

Por último para calcular las pérdidas, la fórmula a utilizar será:

$$Pérdidas = I_{hT}^2 \cdot R \text{ (W)}$$

Donde h es el orden del armónico y R es la resistencia, que depende de la resistividad, la longitud del cable y la sección del mismo. Por no poder calcular estos valores, ya que no

los conocemos en la instalación existente, las pérdidas se dejarán en función de dicho parámetro.

5.10.3.1 Corriente de distorsión que circula por el neutro

$$I_{3T} = 74,46 \cdot 67 + 137,74 \cdot 215 + 70,08 \cdot 29 + 38,71 \cdot 34 = 37.951,38 \text{ mA} = 37,95 \text{ A}$$

5.10.3.2 Corriente de distorsión que circula por las fases

$$I_{5T} = 51,1 \cdot 67 + 86,52 \cdot 215 + 21,31 \cdot 29 + 8,72 \cdot 34 = 22.939,97 \text{ mA} = 22,94 \text{ A}$$

$$I_{7T} = 38,76 \cdot 67 + 67,15 \cdot 215 + 12,06 \cdot 29 + 18,42 \cdot 34 = 18.010,19 \text{ mA} = 18,01 \text{ A}$$

5.10.3.3 Distorsión

$$D = 230 \cdot \sqrt{(37,95)^2 + (22,94)^2 + (18,01)^2} = 11.008,34 \text{ VAr}$$

5.10.3.4 Pérdidas por efecto Joule

$$\text{Pérdidas}_{3T} = I_{3T}^2 \cdot R = (37,95)^2 \cdot R = 1.440,20 \cdot R \text{ (W)}$$

$$\text{Pérdidas}_{5T} = I_{5T}^2 \cdot R = (22,94)^2 \cdot R = 526,24 \cdot R \text{ (W)}$$

$$\text{Pérdidas}_{7T} = I_{7T}^2 \cdot R = (18,01)^2 \cdot R = 324,36 \cdot R \text{ (W)}$$

5.10.4 Segunda Planta

Para poder calcular los valores mencionados anteriormente es necesario saber el número de luminarias de cada tipo que tenemos en esta planta y las corrientes armónicas de distorsión unitarias para cada tipo de luminaria calculadas anteriormente. Teniendo en cuenta que en esta planta tenemos:

- 95 luminarias de 22 W
- 225 luminarias de 38,5 W
- 11 luminarias de 19,8 W
- 38 luminarias de 16,4 W

Aplicando la fórmula siguiente podremos calcular las corrientes de distorsión totales:

$$I_{hT} = \sum_{x=1}^4 I_{hx} \cdot N^{\circ} \text{ Luminarias}_x$$

Donde h es el orden del armónico y x es el tipo de luminarias, tomando:

- x=1 para luminarias de 22 W
- x=2 para luminarias de 38,5 W
- x=3 para luminarias de 19,8 W
- x=4 para luminarias de 16,4 W

Para calcular la distorsión utilizaremos la siguiente fórmula:

$$D = V \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{hT}^2}$$

Donde h es el orden del armónico y V es la tensión de alimentación de luminarias.

Por último para calcular las pérdidas, la fórmula a utilizar será:

$$Pérdidas = I_{hT}^2 \cdot R \text{ (W)}$$

Donde h es el orden del armónico y R es la resistencia, que depende de la resistividad, la longitud del cable y la sección del mismo. Por no poder calcular estos valores, ya que no los conocemos en la instalación existente, las pérdidas se dejarán en función de dicho parámetro.

5.10.4.1 Corriente de distorsión que circula por el neutro

$$I_{3T} = 74,46 \cdot 95 + 137,74 \cdot 225 + 70,08 \cdot 11 + 38,71 \cdot 38 = 40.307,06 \text{ mA} = 40,31 \text{ A}$$

5.10.4.2 Corriente de distorsión que circula por las fases

$$I_{5T} = 51,1 \cdot 95 + 86,52 \cdot 225 + 21,31 \cdot 11 + 8,72 \cdot 38 = 24.887,27 \text{ mA} = 24,89 \text{ A}$$

$$I_{7T} = 38,76 \cdot 95 + 67,15 \cdot 225 + 12,06 \cdot 11 + 18,42 \cdot 38 = 19.623,57 \text{ mA} = 19,62 \text{ A}$$

5.10.4.3 Distorsión

$$D = 230 \cdot \sqrt{(40,31)^2 + (24,89)^2 + (19,62)^2} = 11.793,76 \text{ VAr}$$

5.10.4.4 Pérdidas por efecto Joule

$$Pérdidas_{3T} = I_{3T}^2 \cdot R = (40,31)^2 \cdot R = 1.624,90 \cdot R \text{ (W)}$$

$$Pérdidas_{5T} = I_{5T}^2 \cdot R = (24,89)^2 \cdot R = 619,51 \cdot R \text{ (W)}$$

$$Pérdidas_{7T} = I_{7T}^2 \cdot R = (19,62)^2 \cdot R = 384,94 \cdot R \text{ (W)}$$

5.10.5 Tercera Planta

Para poder calcular los valores mencionados anteriormente es necesario saber el número de luminarias de cada tipo que tenemos en esta planta y las corrientes armónicas de distorsión unitarias para cada tipo de luminaria calculadas anteriormente. Teniendo en cuenta que en esta planta tenemos:

- 43 luminarias de 22 W
- 132 luminarias de 38,5 W
- 4 luminarias de 19,8 W
- 14 luminarias de 16,4 W

Aplicando la fórmula siguiente podremos calcular las corrientes de distorsión totales:

$$I_{hT} = \sum_{x=1}^4 I_{hx} \cdot N^{\circ} \text{ Luminarias}_x$$

Donde h es el orden del armónico y x es el tipo de luminarias, tomando:

- $x=1$ para luminarias de 22 W
- $x=2$ para luminarias de 38,5 W
- $x=3$ para luminarias de 19,8 W

- $x=4$ para luminarias de 16,4 W

Para calcular la distorsión utilizaremos la siguiente fórmula:

$$D = V \cdot \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_{hT}^2}$$

Donde h es el orden del armónico y V es la tensión de alimentación de luminarias.

Por último para calcular las pérdidas, la fórmula a utilizar será:

$$Pérdidas = I_{hT}^2 \cdot R (W)$$

Donde h es el orden del armónico y R es la resistencia, que depende de la resistividad, la longitud del cable y la sección del mismo. Por no poder calcular estos valores, ya que no los conocemos en la instalación existente, las pérdidas se dejarán en función de dicho parámetro.

5.10.5.1 Corriente de distorsión que circula por el neutro

$$I_{3T} = 74,46 \cdot 43 + 137,74 \cdot 132 + 70,08 \cdot 4 + 38,71 \cdot 14 = 22.205,72 \text{ mA} = 22,21 \text{ A}$$

5.10.5.2 Corriente de distorsión que circula por las fases

$$I_{5T} = 51,1 \cdot 43 + 86,52 \cdot 132 + 21,31 \cdot 4 + 8,72 \cdot 14 = 13.825,26 \text{ mA} = 13,83 \text{ A}$$

$$I_{7T} = 38,76 \cdot 43 + 67,15 \cdot 132 + 12,06 \cdot 4 + 18,42 \cdot 14 = 10.836,6 \text{ mA} = 10,84 \text{ A}$$

5.10.5.3 Distorsión

$$D = 230 \cdot \sqrt{(22,21)^2 + (13,83)^2 + (10,84)^2} = 6.513,75 \text{ VAr}$$

5.10.5.4 Pérdidas por efecto Joule

$$Pérdidas_{3T} = I_{3T}^2 \cdot R = (22,21)^2 \cdot R = 493,28 \cdot R (W)$$

$$Pérdidas_{5T} = I_{5T}^2 \cdot R = (13,83)^2 \cdot R = 191,27 \cdot R (W)$$

$$Pérdidas_{7T} = I_{7T}^2 \cdot R = (10,84)^2 \cdot R = 117,51 \cdot R (W)$$

5.11 Diseño del filtro de rechazo

Una vez obtenidos los valores de las corrientes de distorsión totales, tanto las que circulan por el neutro como por las fases, la potencia de distorsión total y las pérdidas que se producen en el cable de neutro por efecto Joule para cada una de las plantas, estamos en condiciones de diseñar el filtro de rechazo.

5.11.1 Descripción del funcionamiento

Los filtros de rechazo, formados por bobinas y condensadores colocados en paralelo, impiden la resonancia en paralelo entre el transformador y equipos de compensación o cargas capacitivas, evitando así la sobrecarga de corrientes armónicas.

Para ello, oponen una impedancia muy elevada a los armónicos que se desea eliminar, disminuyendo así su valor y desplazando la frecuencia de resonancia en paralelo a un valor lejano a la frecuencia de los armónicos evitando su amplificación. La conexión de estos filtros se realiza siempre en serie con el circuito a proteger.

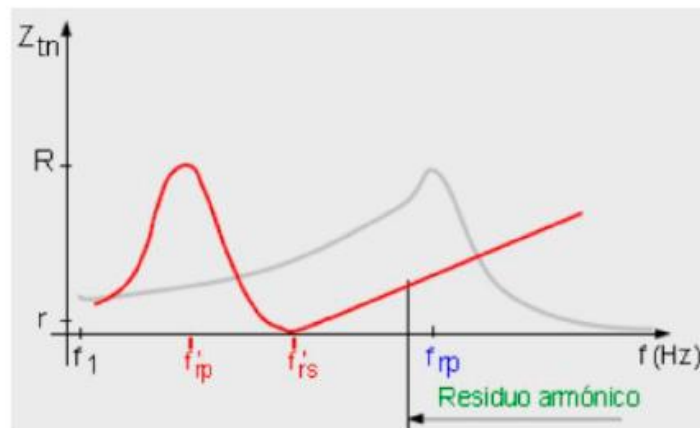


Figura 27.- Frecuencias ejemplo filtro de rechazo

En la imagen anterior puede verse en rojo la nueva frecuencia de resonancia, situada a una distancia considerable de frecuencia la anterior y del residuo armónico.

5.11.2 Cálculo del filtro de rechazo

En este ejemplo se realizarán los cálculos necesarios para la obtención de un filtro de rechazo ejemplo. Los valores de los parámetros obtenidos podrían ser idénticos en todos los filtros, ya que el parámetro influyente para los cálculos es la frecuencia fundamental y es la misma en todos los casos. Pero sin embargo es necesario tener en cuenta también la potencia que tenemos conectada, en nuestro caso en cada uno de los cuadros en los que queremos instalar estos filtros, ya que dependiendo de ello deberán elegirse unas inductancias y condensadores de mayor o menor potencia.

Los filtros de rechazo presentan un parámetro denominado factor de calidad, que depende de la resistencia de la inductancia o bobina (r), la pulsación a la frecuencia fundamental (ω_1) y el valor de la inductancia (L_h) para cada armónico.

Teniendo en cuenta que

- Para bobinas industriales como es este caso el factor de calidad puede considerarse igual a 150.
- La resistencia de la bobina tras consultar con varios fabricantes se toma de 2,2 mΩ.
- La frecuencia fundamental sigue la siguiente fórmula:

$$\omega_1 = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 50 = 314,16 \text{ rad/s}$$

Podemos calcular entonces el valor de la inductancia

$$q = \frac{X_L}{r} = \frac{\omega_1 \cdot X_L}{r} \rightarrow L_h = \frac{q \cdot r}{\omega_1} = \frac{150 \cdot 2,2}{314,16} = 1,05 \text{ mH}$$

Como el coste de fabricación de inductancias es superior al de los condensadores, se utiliza el mismo valor $L_3=L_5=L_7=1,05 \text{ mH}$.

Para calcular la capacidad de los condensadores, se usa la condición de resonancia a cada frecuencia, que se define con la fórmula siguiente:

$$C_h = \frac{1}{(h \cdot \omega_1)^2 \cdot L_h}$$

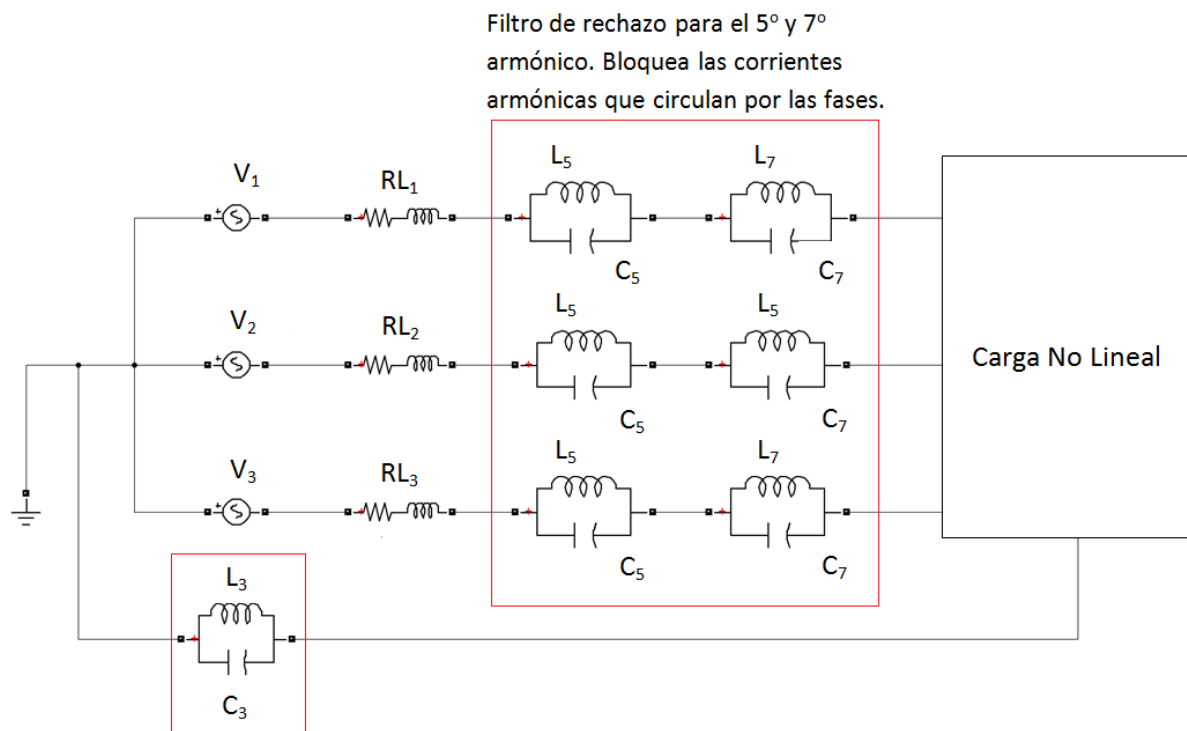
Aplicando esta fórmula para los armónicos 3, 5 y 7 obtenemos los valores que se muestran a continuación de los condensadores C_3 , C_5 , y C_7 :

$$C_3 = \frac{1}{(3 \cdot 314,16)^2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-3}} = 1,07 \cdot 10^{-3} F = 1,07 \text{ mF}$$

$$C_5 = \frac{1}{(5 \cdot 314,16)^2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-3}} = 3,86 \cdot 10^{-4} F = 0,386 \text{ mF}$$

$$C_7 = \frac{1}{(7 \cdot 314,16)^2 \cdot 1,05 \cdot 10^{-3}} = 1,97 \cdot 10^{-4} F = 0,197 \text{ mF}$$

Con todos los cálculos realizados, tendríamos el valor de las inductancias y el de las capacidades, por lo que el filtro estaría completo. Este filtro, cuyo diseño puede apreciarse en la imagen que se muestra a continuación, garantizará el bloqueo de las corrientes armónicas y por lo tanto la optimización de la instalación.



Filtro de rechazo para el 3º armónico.
Bloquea la corriente armónica que circulan por el neutro.

Figura 28.- Filtro de rechazo



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/17

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

**ANEXO III: INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y
SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES**

6 ANEXO III: INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO Y SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES

6.1 Objeto

El objeto del presente anexo es el diseño y justificación de las medidas necesarias para llevar a cabo el aprovechamiento de las aguas pluviales.

6.2 Alcance

El alcance es la totalidad de la instalación de almacenamiento y suministro de las aguas pluviales del edificio para lograr un ahorro energético.

6.3 Normas y referencias

El presente proyecto recoge las características de los materiales, los cálculos que justifican su empleo y la forma de ejecución de las obras a realizar, dando cumplimiento a las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS Salubridad, Sección HS 4. Suministro de Aguas.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HS Salubridad, Sección HS 5. Evacuación de Aguas.

6.4 Programas de cálculo utilizados

El programa de cálculo utilizado ha sido: Microsoft Excel.

6.5 Definiciones y abreviaturas

Las abreviaturas a las que se hace referencia en este anexo son las que se citan a continuación:

- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- DB: Documento Básico.
- HS 4: Salubridad, Suministro de Agua.
- l: litros.
- ud: unidad.
- m: metros.
- mm: milímetros.
- cv: caballo de vapor.
- dn: diámetro nominal.

6.6 Bibliografía

La bibliografía utilizada ha sido:

- Catálogo Plarex S.L.
- Catálogo Salvador Escoda S.A.
- Catálogo Grupo Ebara.
- Catálogo Grupo Graf.
- Manual técnico y catálogo UPONOR.

6.7 Requisitos de diseño

Como criterio de partida para esta instalación habrá que tener en cuenta que el centro permanece abierto de forma habitual todo el año respetando únicamente los periodos vacacionales centrados fundamentalmente en el mes de agosto y diciembre, lo que supone un período total de apertura de 240 días.

También es imprescindible dejar constancia del nivel de ocupación que hay en el centro ya que estos datos nos harán falta para la realización de los cálculos. En el centro se imparten actualmente tres titulaciones, dos de Grado, Grado en Ingeniería Eléctrica, Grado en Ingeniería Electrónica y Automática; y una de Máster, Máster en Eficiencia y Aprovechamiento Energético. Además hay también alumnos que están realizando la adaptación de las antiguas titulaciones a las actuales.

Como se comentó en la memoria del proyecto, tras observar los informes que emite anualmente la Universidad de la Coruña, se ha obtenido que en el centro hay un total de 391 personas que son alumnos y alrededor de otras 50 que forman parte del profesorado y personal de secretaría y administración, lo que nos lleva a un total de 441 personas. De este total, el 82,8% aproximadamente son hombres (365) mientras que el 18,2% restante (76) son mujeres.

6.8 Diseño de las instalaciones

Como ya se comentó anteriormente el anexo tiene por función la realización de los cálculos necesarios para lograr un ahorro mediante el aprovechamiento y utilización de las aguas pluviales.

6.8.1 Datos iniciales de partida

El edificio objeto de estudio, es un centro docente, en el que los usos primordiales que se le dan al agua, es su utilización en los servicios y aseos. Este es el uso mayoritario y podríamos estimar que en torno a un 85% del consumo de agua está destinado a esta función, ya que aunque se utiliza agua también para los servicios de limpieza o en alguna zona de algún laboratorio, estos no son consumos que supongan una gran demanda.

Actualmente se estima que el centro demanda en torno a 556.200 litros de agua no potable para los usos mencionados anteriormente y el 100% de esta demanda de agua proviene de la red de suministro de la compañía EMAFESA.

Con los datos facilitados por la propiedad y revisando las facturas emitidas por la compañía suministradora observamos que se está incurriendo en gasto por un consumo de 1300 m³ anuales para poder cubrir todas las necesidades del centro. Como vemos, el consumo es bastante inferior, teniendo en cuenta que los 556,2 m³ representan el 85% del consumo actual.

6.8.2 Solución propuesta

La solución que se propone es la de poder almacenar parte del agua de lluvia recogida en dos depósitos enterrados de 20.000 litros/unidad, y suministrarla a los inodoros y urinarios de todo el centro, reduciendo así drásticamente el consumo.

Las aguas pluviales recogidas, filtradas y almacenadas de forma adecuada, representan una forma alternativa de suministro de agua que permite sustituir al agua potable en determinadas aplicaciones (inodoros y urinarios en nuestro caso) y de esta forma contribuyen al ahorro de este recurso. El agua de lluvia se recoge desde los canalones perimetrales en los tejados o a través de los sumideros sobre cubiertas planas y mediante la red de tuberías se conecta al sistema de captación de agua pluvial (filtro, depósito). A continuación del depósito de recogida de aguas pluviales se sitúa una bomba de presión, que al producirse demanda por parte de determinados aparatos de la instalación, inodoros y urinarios, impulsa el agua desde el propio depósito hasta los puntos de consumo citados, a través de un circuito independiente al del agua potable de la red. Destacar que en este recorrido, y para mayor seguridad del sistema, será necesario situar un filtro que permita que las aguas vertidas en el depósito de pluviales lo hagan libres de la mayor parte de residuos y partículas sólidas en suspensión.

De llevar a cabo dicha instalación conseguiríamos un doble beneficio, por un lado, el consumo de recursos propios daría a un ahorro económico, ya que su coste de obtención sería nulo, y por otro lado, estaríamos produciendo una mejora en la gestión de los recursos hídricos, colaborando con el medio ambiente, puesto que estaríamos haciendo uso de un medio ya existente sin tener la necesidad de solicitar un suministro de agua que lo que haría sería elevar el caudal de aguas residuales que estaríamos generando, afectando así al ecosistema.

6.8.3 Elementos necesarios para llevar a cabo la instalación

El diseño básico de recogida, almacenamiento y suministro de aguas pluviales consta de los siguientes elementos:

6.8.3.1 Elementos necesarios para la recogida de aguas pluviales

Para poder aprovechar y suministrar las aguas pluviales hay que tener en cuenta que previamente hace falta un sistema de evacuación o recogida de aguas pluviales. El sistema de evacuación o recogida está formado por:

- Cubierta

En función de los materiales empleados o existentes y del tipo de cubierta del edificio las calidades del agua recogida y el coeficiente de escorrentía variarán.

- Canalones, bajantes y colectores

Conjunto o red de tuberías horizontales y verticales que sirven para recoger el agua y llevarla hacia los depósitos de almacenamiento.

En este caso, se ha considerado innecesario el diseño de una nueva red de evacuación, ya que actualmente hay instalado un sistema de evacuación de aguas pluviales, con todos los elementos necesarios y que nos sirven para realizar dicho estudio. De esta manera nos ahorraremos incurrir en costes que no son estrictamente necesarios.

6.8.3.2 Elementos necesarios para el almacenamiento de aguas pluviales

Una vez recogidas dichas aguas tendremos que almacenarlas. Para este proceso hacen falta los siguientes elementos:

- Filtro Previo

Es absolutamente necesario para hacer una mínima eliminación de la suciedad y evitar que ésta entre en el depósito. En el diseño del filtro se deben considerar las condiciones climáticas regionales. El filtro se construye en forma de registro y sirve para separar los sólidos del agua, dirigir los sólidos y exceso de agua al drenaje y autolimpiarse los poros de la malla. Si el agua es recogida sin un filtro, es desaconsejable su utilización. Debemos prestar atención contra los reflujos, a los gases de la alcantarilla y al acceso de bichos y animales a los depósitos.

- Depósito

Espacio donde se almacena el agua ya filtrada. Su lugar idóneo es enterrado o situado en el sótano, evitando así la luz (algas) y la temperatura (bacterias), que es recomendable que esté siempre por debajo de los 12°C. Es fundamental que posea elementos específicos como deflector de agua de entrada, sifón rebosadero antiroedores, sistema de aspiración flotante, sensores de nivel para informar al sistema de gestión, etc. Los más convenientes son de formas delgadas y altas, porque el rebosadero tiene que estar encima de la altura del reflujo de la alcantarilla.

En nuestro caso utilizaremos dos depósitos de la marca Plarex con capacidad para almacenar 20.000 litros cada uno. Las características de los depósitos son las siguientes: Dimensiones de 2,5 metros de alto y 4,1 m de largo, fabricados en PRFV (Poliéster reforzado con fibra de vidrio), aptos para ser enterrados. Provisto de 1 Boca de hombre superior dn450, conductos de entrada y salidas de las aguas modificables en función de las necesidades.



Figura 29.- Depósito almacenamiento aguas pluviales

- Filtro Posterior

Elemento que se encarga de realizar un segundo filtrado para garantizar la limpieza de las aguas suministradas y de eliminar las suciedades o impurezas que pudieran estar dentro del depósito.

6.8.3.3 Elementos necesarios para el suministro de aguas pluviales

- Grupo de Presión

Debido a la situación de los depósitos y para distribuir el agua a los puntos de consumo es necesario la colocación de un grupo de presión. Es muy importante que esté construido con materiales adecuados para el agua de lluvia, e igualmente interesante que sea de alta

eficiencia energética. Los mejores para esta aplicación son los de plástico (polietileno), económicos, y mucho más duraderos en este tipo de agua, que los de acero inoxidable.

En nuestro caso, se ha elegido un grupo de presión de la marca Ebara, modelo APG 32-3-1-3 (VV)(ED) cuyas características se muestran a continuación:

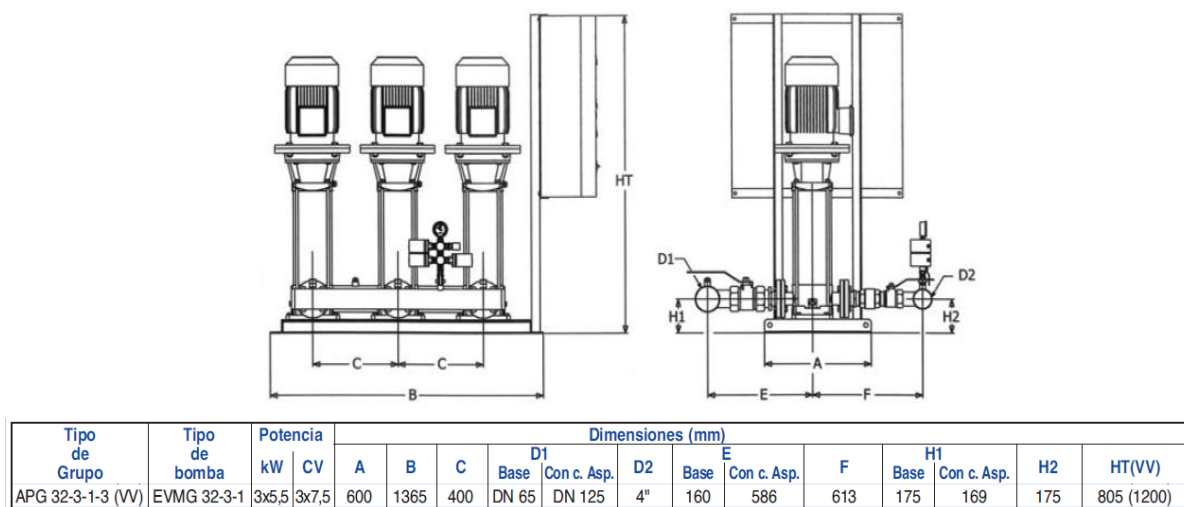


Figura 30.- Características grupo de presión

Este grupo de presión de accionamiento regulable mediante tecnología Inverter modelo E-DRIVE es capaz de satisfacer las demandas de aquellas instalaciones donde se requiera un suministro de agua con caudal variable a una presión constante, con un funcionamiento sencillo y fiable, proporcionando un ahorro energético y optimización de la instalación.

E-DRIVE (ED) es un dispositivo para el control y protección de sistemas de bombeo basados en la variación de la frecuencia de alimentación a la bomba. Gestiona la velocidad de rotación de las bombas de modo tal que mantiene constante la presión programada al ir variando la demanda de agua.

El grupo se compone de:

- Motor trifásico eficiencia IE2 / IE3 a partir de 0,75 kW.
- 3 bombas verticales silenciosas series CVM, MVP, EVMSG o EVMG.
- 1 unidad de control E-DRIVE por bomba.
- Depósito hidroneumático de 20 l. con válvula de aislamiento.
- Manómetro y transductor de presión.
- Válvulas de corte y retención por bomba.
- Colector común de impulsión en acero.
- Bancada metálica.



Figura 31.- Ejemplo grupo de presión

Es de elevada importancia comentar que en nuestro y puesto que los depósitos están enterrados mientras que la las bombas se encuentran situadas en la planta baja, en concreto en la sala de bombas, local N°102, será necesario colocar una válvula de pie (válvula de retención sumergida) para mantener cebadas la bombas. Esta válvula de pie nos garantiza que siempre vamos a tener agua en la tubería de aspiración de la bomba. De no colocarse esta válvula, la tubería se llenaría de aire impidiendo el funcionamiento de la bomba.

▪ Tuberías

La normativa para el agua de lluvia es menos estricta que para el agua potable, por lo que las tuberías empleadas pueden ser de plástico (se recomienda polietileno) ya que el agua de lluvia, al ser blanda, no las agrede.

En nuestro caso las tuberías elegidas han sido de la marca UPONOR modelo MLCP, de diámetros exteriores, 50 mm, 63 mm, 90 mm y 110 mm. Estas tuberías se caracterizan por estar constituidas por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT). Su instalación es sencilla y sin soldaduras, incluyen aislamiento. Además forman una barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Son ligeras, flexibles y compatibles con accesorios fabricados en PPSU y latón.



Figura 32.- Tubería MLCP para suministro de agua

▪ Otros elementos

Hay que tener en cuenta también todos los accesorios como pueden ser, manguitos de unión, los codos, las té, y toda la valvulería necesaria para el control de la instalación, válvulas de corte, de antirretorno, etc...

6.9 Cálculos

6.9.1 Cálculos de la instalación de Almacenamiento de Aguas Pluviales

Este apartado del anexo está destinado a explicar los cálculos y las medidas necesarias para poder almacenar el agua de lluvia en un depósito para su posterior aprovechamiento.

En primer lugar, tenemos que saber la necesidad anual de agua no potable que demanda el edificio y la cantidad de agua que podemos recoger anualmente. Comparando estos dos datos podremos conocer si es viable la instalación de este sistema o debemos descartar antes de diseñar la instalación el uso de agua no potable. En segundo lugar, suponiendo que el sistema es viable, calcularemos las medidas óptimas de los depósitos según los usos que vayan a abastecer.

6.9.1.1 Demanda de Agua No Potable

Con los requisitos de diseño explicados anteriormente y teniendo en cuenta que los usos del agua serán exclusivamente para inodoros y urinarios podemos calcular la demanda de agua del centro, teniendo en cuenta las siguientes suposiciones:

- El 100% de personas utiliza el servicio, ya sea inodoro o urinario, una vez al día.
- El 70% de los hombres utiliza el inodoro, mientras que el 30% restante utiliza el urinario.
- El período de apertura del centro es de 240 días al año.

Con todo ello, y teniendo en cuenta el volumen necesario de cada aparato y para cada uso, podemos obtener los valores que se muestran a continuación:

	Inodoro	Urinario
Volumen cisterna	6 litros	3 litros
Consumo persona/año	1440 litros	720 litros
Consumo anual	477360 litros	78840 litros
Consumo anual total	556200 litros	

Tabla 61.- Demanda anual agua no potable.

Como vemos actualmente hay un consumo anual de agua no potable en el centro de 556.200 litros.

6.9.1.2 Agua Pluvial Recogida

Una vez calculada la cantidad de agua no potable que necesitamos, tendremos que estimar el agua pluvial que es posible recoger para saber si el sistema es o no viable.

Para ello se tendrán en cuenta los siguientes puntos:

- La precipitación media anual en la zona de Ferrol.
- La superficie de la cubierta destinada a la recogida de aguas pluviales.
- El coeficiente de escorrentía para tejados duros e inclinados.

Con estos datos podemos realizar el cálculo que se muestra a continuación:

Precipitación media anual	1300 litros/m ²
Superficie Cubierta	2276,2716 m ²
Coef. Escorrentía Cubierta	0,85
Recaudación anual	2515280,1 litros

Tabla 62.- Agua pluvial recogida anualmente

Por lo tanto podríamos recoger al año unos 2,5 millones de litros. Como vemos, esta cifra es muy superior a la demanda actual del centro (556.200 litros), lo que quiere decir que esta opción es viable y que podremos abastecer las necesidades de consumo.

En este apartado hay que hacer hincapié en que tal y como se comentó anteriormente se ha utilizado la instalación de recogida de aguas pluviales existentes, por lo que la superficie de cubierta está en función de ello. Actualmente no se está recogiendo el 100% de las aguas que caen sobre las cubiertas, sino que hay algunas zonas, como lo es la parte trasera de la planta baja, en la que no se están recogiendo y canalizando las aguas, sino que estas vierten directamente al terreno. Se ha decidido no renovar la dicha instalación, porque como vemos la superficie de recogida es más que suficiente para los usos que se plantean en dicho estudio y la instalación se encuentra en buen estado. A pesar de ello si a posteriori se quisieran aumentar los usos de esta agua y no fuera suficiente, podría

aumentarse la superficie de recogida hasta aprovechar el total de la misma. En este caso se estima que podríamos obtener anualmente unos 4,6 millones de litros aproximadamente.

6.9.1.3 Cálculo de los depósitos

Comprobado que la opción que se está planteando es totalmente viable y calculada la cantidad que demanda el edificio podemos calcular el tamaño de los depósitos necesarios para almacenar el agua.

Para ello sólo nos queda definir previamente el período de reserva, que es la cantidad de tiempo durante el que no llueve y por lo tanto durante el cual necesitaremos tener almacenada agua suficiente para cubrir las necesidades. A pesar de que nos encontramos en la zona de Ferrol, lo que supone una climatología en la que se presentan bastantes lluvias durante todo el año, se ha decidido establecer un período de reserva de 20 días. Con ello los resultados son los que se muestran a continuación:

Período de Reserva	20 días
Consumo anual	556200 litros
Capacidad Suficiente Depósito	30476,712 litros
Capacidad Necesaria Depósito	36572,055 litros

Tabla 63.- Capacidad necesaria depósito.

En los resultados que se muestran en la tabla anterior vemos que sería suficiente un depósito de 30.476,712 litros para cubrir las necesidades, pero se ha decidido incrementar esta capacidad un 20%, para evitar la suciedad y bichos que pueden depositarse en el fondo del depósito, por lo que necesitaríamos como mínimo un depósito de 36.572,055 litros.

Con estos resultados, se ha optado por instalar 2 depósitos de 20.000 litros/unidad, estos depósitos se instalarán enterrados y su ubicación puede verse de manera detallada en los planos que forman parte de la documentación gráfica de dicho proyecto.

6.9.2 Cálculos de la instalación de Suministro de Aguas Pluviales

Este apartado del anexo está destinado a explicar los cálculos y las medidas necesarias para poder suministrar y distribuir el agua de lluvia almacenada en los depósitos hasta los diferentes puntos de consumo.

Para ello en primer lugar tendremos que calcular la red de tuberías con los elementos necesarios y posteriormente calcular el grupo de presión que sea capaz de abastecer a todas las plantas, dado que tal y como comentamos anteriormente los depósitos están enterrados.

6.9.2.1 Cálculo de los diámetros de la red de suministro

El procedimiento para determinar la red de tuberías que sean capaces de suministrar el agua almacenada a cada uno de los puntos de consumo de la instalación se hace siguiendo el procedimiento que se muestra a continuación:

En primer lugar tendremos que dividir la instalación en diferentes tramos para poder visualizar la distribución de la red e identificar cual es el punto de consumo más desfavorable, que será el que determine el diseño de la instalación. A continuación se muestra un esquema de los tramos de la instalación para nuestro caso:

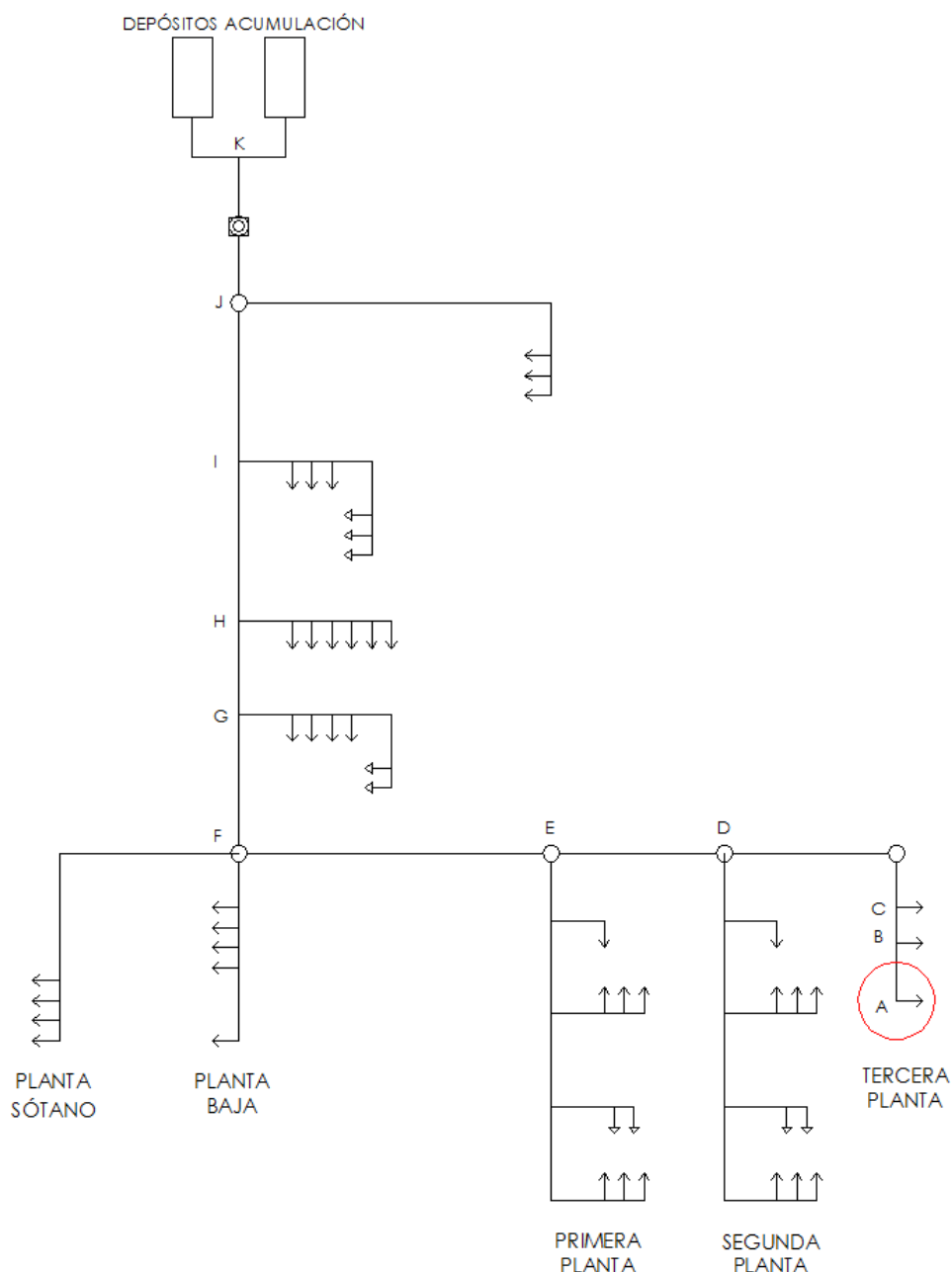


Figura 33.- Esquema de tramos de la instalación de suministro de aguas pluviales

Una vez establecidos los tramos, se calculará el caudal instantáneo mínimo (Q_i) en cada uno de ellos, siendo de 1,25 l/s para inodoros con fluxor y 0,4 l/s para urinarios, según lo establecido en la tabla 2.1. del CTE DB HS 4. Este caudal es el que se debe suministrar a cada uno de los aparatos sanitarios con independencia del estado de funcionamiento de la red.

A continuación se calculará el caudal de cálculo o caudal simultáneo (Q_c), que es el caudal utilizado para el dimensionado de los distintos tramos de la instalación. Se establece a partir de la suma de los caudales instantáneos mínimos, calculados según las fórmulas siguientes dependiendo del tipo de edificación. Según el DB HS 4 se ha de elegir el coeficiente de simultaneidad de acuerdo con un criterio adecuado.

Para ello nos hemos guiado de la norma DIN 1988, debido a que esta norma cuenta con una amplia gama de coeficientes de simultaneidad en función del tipo de edificio y del caudal con el que estemos trabajando, en nuestro caso, por tratarse de un edificio docente o de una escuela, las fórmulas para calcular el Q_c serán las siguientes:

$$\text{Si } Qi \geq 20$$

$$Qc = -22,5 \cdot Qi^{0,5} + 11,5$$

$$\text{Si } 1 \leq Qi < 20$$

$$Qc = 4,4 \cdot Qi^{0,27} - 3,41$$

Una vez llegados a este punto y estableciendo una velocidad de cálculo (V) de 1,5 m/s, podemos ya calcular el diámetro interior mínimo (Dim) necesario para cada uno de los tramos mediante la siguiente fórmula:

$$Dim = \sqrt{\frac{4 \cdot Qc}{\pi \cdot V}}$$

Posteriormente se selecciona el diámetro interior comercial (Di) para cada uno de los tramos, comprobando que estos diámetros cumplen el mínimo requerido en las tablas reglamentarias, y se procede a realizar la comprobación de la velocidad real (Vr) obtenida para cada uno de los tramos con el nuevo diámetro seleccionado, teniendo en cuenta que esta Vr tendrá que ser superior a 0,5 m/s en todos y cada uno de los tramos tal y como marca la normativa. La fórmula para realizar dicho cálculo es:

$$Vr = \frac{4 \cdot Qc}{\pi \cdot Di^2}$$

Con todo ello los resultados de los diámetros de las tuberías necesarias para nuestra instalación son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tramo	Caudal Instantáneo (Qi)		Caudal Cálculo (Qc)		Velocidad Supuesta		Diámetro Interior Mínimo (Dim)	Diámetro Interior (Di)	Diámetro Exterior (De)	Velocidad Real (Vr)
A - B	1,25	l/s	1,2632	l/s	1,5	m/s	32,7456 mm	40 mm	50 mm	1,0053 m/s
B - C	2,5	l/s	2,2250	l/s	1,5	m/s	43,4588 mm	51 mm	63 mm	1,0892 m/s
C - D	3,75	l/s	2,8770	l/s	1,5	m/s	49,4170 mm	51 mm	63 mm	1,4083 m/s
D - E	12,58	l/s	5,3070	l/s	1,5	m/s	67,1171 mm	73 mm	90 mm	1,2680 m/s
E - F	21,41	l/s	6,6373	l/s	1,5	m/s	75,0596 mm	90 mm	110 mm	1,0433 m/s
F - G	32,66	l/s	7,5629	l/s	1,5	m/s	80,1224 mm	90 mm	110 mm	1,1888 m/s
G - H	37,74	l/s	7,8375	l/s	1,5	m/s	81,5638 mm	90 mm	110 mm	1,2320 m/s
H - I	45,24	l/s	8,1548	l/s	1,5	m/s	83,1986 mm	90 mm	110 mm	1,2819 m/s
I - J	49,11	l/s	8,2893	l/s	1,5	m/s	83,8820 mm	90 mm	110 mm	1,3030 m/s
J - K	52,86	l/s	8,4053	l/s	1,5	m/s	84,4668 mm	90 mm	110 mm	1,3212 m/s

Tabla 64.- Diámetros de los tramos la red de suministro

Llegados a este punto es de importancia comentar que estos diámetros representan el de la tubería general de distribución para cada tramo. Para calcular el diámetro de enlace necesario de entrada a cada aparato se ha tenido en cuenta lo establecido en el DB HS 4, en la tabla 4.2, en la que se establece que para el caso de tuberías de cobre o plástico, como es nuestro caso, el diámetro de entrada para los inodoros con fluxor será de 40 mm, mientras que para los urinarios será de 12 mm.

6.9.2.2 Cálculo de las pérdidas de carga de la instalación

Con las tuberías necesarias calculadas, tendremos que calcular las pérdidas que existen en la instalación. Para calcular las pérdidas de carga totales en la instalación es necesario calcular:

- Las pérdidas que se producen en cada tramo debido a las longitudes de las tuberías y a sus respectivos diámetros. Las pérdidas unitarias de cada tramo se obtienen interpolando de los valores de las tablas del Manual Técnico de UPONOR para tuberías MLCP, según diámetro y caudal.
- Las pérdidas que se producen en los accesorios de dichas tuberías y que estiman un 30% de las pérdidas de carga anteriores.

- Las pérdidas producidas por filtros y contadores.
- Las pérdidas producidas por la altura del edificio, sabiendo que la altura total del edificio es de 14,4 m.

Siguiendo este procedimiento, los resultados para nuestra instalación son los que se muestran a continuación:

Tramo	Pérdidas de Carga Unitarias (R)	Longitud	Pérdida de Carga tubería (Pc)
A - B	2,6238 mbar/m	4 m	10,4952 mbar
B - C	2,521 mbar/m	4 m	10,084 mbar
C - D	3,9799 mbar/m	7,1 m	28,257148 mbar
D - E	2,1441 mbar/m	47,7 m	102,27405 mbar
E - F	1,1676 mbar/m	21,3 m	24,869092 mbar
F - G	1,4770 mbar/m	106,8 m	157,7452 mbar
G - H	1,5731 mbar/m	49,6 m	78,027 mbar
H - I	1,6888 mbar/m	61,6 m	104,03156 mbar
I - J	1,7399 mbar/m	27,3 m	47,500198 mbar
J - K	1,7840 mbar/m	79,4 m	141,65071 mbar

Total	704,93416 mbar
-------	----------------

Tabla 65.- Pérdidas de carga en tuberías

Pérdidas de Carga	
Tubería	704,9342 mbar
Accesorios	211,4802 mbar
Filtros	400 mbar
Contador	300 mbar
Altura edificio	1440 mbar
TOTAL	3056,4144 mbar

Tabla 66.- Pérdidas de carga totales

Tras realizar todos los cálculos obtenemos que se producen unas pérdidas de 3.056,4144 mbar en toda la instalación.

6.9.2.3 Cálculo del caudal instalado y del caudal punta de la instalación

Para realizar el cálculo del caudal instalado y del caudal punta que puede darse en la instalación seguiremos el siguiente procedimiento:

- Identificación de los aparatos sanitarios existentes en el edificio, diferenciados por planta.
- A continuación se calcula el coeficiente de simultaneidad ($K_{\text{calculado}}$) para cada uno de los tramos mediante la siguiente fórmula:

$$K_{\text{calculado}} = \frac{1}{\sqrt{n} - 1}$$

donde n es el número de aparatos en dicho tramo.

- Con la $K_{\text{calculado}}$ obtenida, se procede a estimar una nueva K (K_{estimada}) que deberá de ser superior a la anterior.
- Se calcula el caudal instalado (Q_i) teniendo en cuenta el número de aparatos sanitarios existentes y los caudales mínimos para cada uno de ellos que vienen establecidos en el CTE DB HS 4.

- Se calcula el caudal punta (Q_p) de cada tramo y mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{punta} = K_{estimada} \cdot Q_{instalado}$$

- Para poder calcular el caudal punta total del edificio, será necesario tener en cuenta un nuevo factor de corrección ($K_{edificio}$ calculada) en función de las plantas que existen, y que se calcula con la fórmula siguiente:

$$K_{edificio\ calculada} = \frac{(19 + N^{\circ}Plantas)}{10 \cdot (N^{\circ}Plantas + 1)}$$

- Con la $K_{edificio}$ calculada obtenida, se procede a estimar una nueva K ($K_{edificio}$ estimada) que deberá de ser superior a la anterior.
- Se calcula el caudal punta total del edificio (Q_p edificio) mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{punta\ edificio} = Q_{punta\ total} \cdot K_{edificio\ estimada}$$

Los resultados son los que se muestran a continuación:

	Inodoros	Urinaros	Nº Aparatos	K calculo	K estimada	Caudal Instalado (Q_i)	Caudal Punta (Q_p)
Planta Sótano	4	0	4	0,577	0,8	5 l/s	4 l/s
Planta Baja	18	5	23	0,213	0,8	22,70 l/s	18,160 l/s
Primera Planta	10	2	12	0,302	0,8	12,58 l/s	10,064 l/s
Segunda Planta	7	2	9	0,354	0,8	8,83 l/s	7,064 l/s
Tercera Planta	3	0	3	0,707	0,8	3,75 l/s	3 l/s

Tabla 67.- Caudales puntas e instalados por tramo.

K edificio calculada	0,4
K edificio estimada	0,6
Q_i edificio	52,86 l/s
Q_p edificio	25,3728 l/s

Tabla 68.- Caudales punta e instalado en el edificio.

Por lo tanto observamos que tenemos un caudal instalado total de 52,86 l/s y un caudal punta total de 25,38 l/s.

6.9.2.4 Cálculo del grupo de presión

Como comentamos en apartados anteriores, para suministrar el agua acumulada en los depósitos hasta los diferentes puntos de consumo, será necesaria la instalación de un grupo de presión, ya que los depósitos se encuentran enterrados y los puntos de suministro están a cierta altura por encima de ellos.

Para elegir el grupo de presión adecuado es necesario tener en cuenta dos datos:

- Las pérdidas de carga totales que se producen en la instalación.
- El caudal punta total

Con estos datos ahora conocidos y teniendo en cuenta lo establecido en el CTE DB HS 4, tendremos que instalar un grupo de 3 bombas, ya que nuestro caudal se encuentra entre 10 y 30 l/s. El grupo a instalar ha de cumplir un caudal superior a 25,3728 l/s (91,3421 m³/h) y una altura superior a 30,5641 m.c.a.

El grupo elegido ha sido el modelo APG 32-3-1-3 (VV)(ED) de la marca Ebara, que con sus 3 bombas nos proporciona un caudal máximo de 105 m³/s y una altura de 35 m.c.a, cumpliendo así nuestras restricciones.

6.10 Conclusiones finales

Teniendo en cuenta las dimensiones del edificio, que es un edificio público, destinado a uso docente y con un gran nivel de ocupación, la puesta en marcha de esta instalación nos permitirá un gran ahorro tanto energético como económico, además de que nuestro grado de dependencia de la compañía suministradora disminuirá, teniendo en cuenta que de esta manera seríamos capaces de cubrir el 85% de las necesidades de forma independiente.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/17**

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

7 ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

7.1 Objeto

La finalidad de este documento es proyectar y dimensionar la instalación necesaria para cubrir la demanda actual de calefacción del edificio mediante la sustitución de calderas de gasoil por unas calderas que utilicen un combustible alternativo, en nuestro caso biomasa. Todo ello se llevará a cabo siguiendo las diferentes normativas de aplicación que estén en vigor.

7.2 Alcance

El alcance comprende la obra necesaria para eliminar los sistemas actuales de generación de calor en la sala de calderas del edificio, así como la obra necesaria para la nueva instalación de las calderas de biomasa con su correspondiente depósito de almacenaje.

7.3 Normas y referencias

Este anexo se redacta cumpliendo todas las prescripciones reglamentarias exigibles, de forma que se puedan obtener las correspondientes autorizaciones administrativas para su ejecución y puesta en servicio. Los reglamentos y normas que se han considerado son:

- Código Técnico de la Edificación. (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo).
- Real Decreto 1027/2.007, de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas (IT).
- Corrección de errores del RITE (BOE del 28 de Febrero de 2008)
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) - (Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto de 2.002).
- Normas Tecnológicas para este tipo de instalaciones.
- Todas las Normas UNE a las que se hace referencia en las RITE y que se citan a lo largo del anexo.

7.4 Bibliografía

La bibliografía utilizada ha sido:

- Catálogo calderas biomasa Herz.
- Catálogo depósitos de inercia Herz.
- Guía técnica del IDAE.
- Catálogo precios ISEMPA.
- Catálogo técnico tuberías acero Grupo Almesa.
- Catálogo Salvador Escoda S.A.

7.5 Programas de cálculo

Se ha utilizado el software Microsoft Office Excel para la realización de los cálculos que se detallan en dicho anexo.

7.6 Definiciones y abreviaturas

Las abreviaturas a las que se hace referencia en este anexo son las que se citan a continuación:

- ACS: Agua Caliente Sanitaria.
- l : litros.
- kW: kilovatios .
- ud : unidad.
- kg: kilogramo.
- Nº: número.
- Tn: toneladas.
- CO₂: Dióxido de Carbono.
- m: metros.

7.7 Requisitos de diseño

Como criterio de partida para esta instalación habrá que tener en cuenta que el centro permanece abierto de forma habitual todo el año respetando únicamente los periodos vacacionales centrados fundamentalmente en el mes de agosto y diciembre. La ocupación del edificio es variable aunque su capacidad máxima puntual podría establecerse en unas 1.000 personas. El horario máximo de apertura del edificio es de 13 horas al día.

Se tendrá en cuenta también la instalación ya existente y se rediseñará para que se adapte a la nueva solución propuesta.

7.8 Diseño de la instalación

Como ya se comentó anteriormente el anexo tiene por función la realización de los cálculos necesarios para la sustitución de los sistemas actuales de generación de calor mediante Gasóleo C, por otros nuevos que funcionen con un combustible alternativo, en nuestro caso, generadores de calor mediante biomasa.

7.8.1 Datos iniciales de partida

Actualmente el edificio cuenta con dos espacios destinados a albergar los equipos generadores de calor. Estos espacios, que constan de una superficie útil total de 70,62 m², pueden verse de manera detallada en el apartado de Planos de dicho proyecto, y se corresponden con los locales Nº18-19 (Sala Calderas Interior) y Nº102-103-104 (Sala Calderas Exterior) situados en la planta baja. En estos espacios están repartidas las 4 calderas, y los elementos auxiliares necesarios para su correcto funcionamiento, que funcionan con Gasóleo C como combustible, y que en sus inicios se destinaban a la generación de agua caliente sanitaria (ACS) y a calefactar las estancias del centro.

Además el centro cuenta también con unos depósitos de almacenaje de combustible (Gasóleo C) que abastecen a dichas salas. Para abastecer a la sala de calderas interior existe un único depósito de 2.500 que se encuentra situado en un espacio anexo a dicha

7. ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Pablo Gómez Vidal

sala, mientras que la sala exterior de calderas se abastece de un depósito enterrado de 15.000 l, situado en las cercanías de dicha sala.

Por lo tanto el balance actual de los equipos generadores instalados es el siguiente:

Sala Calderas Interior		
Caldera	Modelo	Potencia (kW)
ROCA	CPA 130	157
Sala Calderas Exterior		
Caldera	Modelo	Potencia (kW)
ROCA	NTD 300	340
ROCA	NTD 301	340
ROCA	NGO 50/20	21

Tabla 69.- Equipos generadores instalados en la actualidad.

Con esto obtendríamos una potencia térmica total instalada de 858 kW. Pero hay que tener en cuenta que la caldera ROCA NGO 50/20 de 21 kW de potencia se encuentra inactiva, ya que como su función era la de dar servicio al sistema de ACS que existía en el centro cuando se instalaron los dispositivos, pero que posteriormente se eliminó. Por lo tanto los equipos generadores en uso son los siguientes:

Sala Calderas Interior		
Caldera	Modelo	Potencia (kW)
ROCA	CPA 130	157
Sala Calderas Exterior		
Caldera	Modelo	Potencia (kW)
ROCA	NTD 300	340
ROCA	NTD 301	340

Tabla 70.- Equipos generadores en funcionamiento en la realidad.

Actualmente para cubrir la demanda térmica de calefacción del edificio hay instalada una potencia total de 837 kW repartidos en tres calderas, que, tras realizar los cálculos con los datos facilitados del consumo de combustible durante los años 2011-2015 por la propiedad, sabemos que incurren en una media anual de 53.257,2 litros de combustible Gasóleo C para lograr mantener a la temperatura de confort todas las estancias necesarias del centro.

Es de importancia comentar también que el consumo de este combustible está generando emisiones de gases nocivos como lo es el CO₂ a la atmósfera y por lo tanto perjudicando el medioambiente.

Combustible	Gasóleo C
Cantidad anual	53257,20 litros/año
Emisiones unitarias	2,78568 kg CO ₂ /litro
Emisiones anuales	148357,52 kg CO ₂ /año

Tabla 71.- Emisiones CO₂ actuales.

En este caso concretamente se están expulsando cada año aproximadamente unas 148.36 toneladas de CO₂, una cantidad importante, que deberíamos de intentar reducir en la medida de lo posible o eliminar.

7.8.2 Solución propuesta

La solución propuesta para la renovación de los generadores pasa por la sustitución de los mismos por unos nuevos generadores de biomasa. De ser así conseguiríamos un doble beneficio, por un lado, el consumo de biomasa como combustible da lugar a un ahorro económico, ya que su coste es inferior al de las fuentes convencionales de energía y por otro lado, contribuye a evitar las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, ya que el CO₂ que se desprende por la combustión de estos residuos no es otro que el usado por el mismo ser vivo para formarse y crecer, lo que le da un balance neutro de emisiones.

Se ha propuesto instalar dos calderas de biomasa de 149 kW de potencia cada unidad, de última generación, capaces de modular y gestionar su funcionamiento en función de la potencia necesaria en cada momento. Estas calderas suministrarán calor a dos depósitos de inercia de 3000 l/ud que harán las veces necesarias de colchón para potencias puntas y a la vez servirán como acumulador para guardar las inercias que generan en su funcionamiento las calderas de biomasa.

Además hay que añadir que con esta solución conseguiríamos ubicar toda la instalación necesaria en la sala de calderas exterior (locales N° 102-103-104 de la planta baja) consiguiendo liberar el espacio de la sala de calderas interior, utilizado anteriormente para dicha instalación. Para realizar este paso será necesario tener en cuenta que habrá que realizar un entronque hidráulico entre las dos salas para aprovechar la distribución existente.

7.8.3 Datos necesarios para llevar a cabo la renovación de la instalación

7.8.3.1 Características de las calderas

En este proyecto se han elegido dos calderas de la marca Herz, modelo firematic 149, con regulación T-Control y un rango de potencias desde 36,7 a 149 kW, con un rendimiento del 95%. Estas calderas que permiten la combustión de distintos tipos de biomasa (astilla, pellets, huesillo, etc.), son especialmente compactas y de dimensiones reducidas, utilizan componentes de alta calidad y generan valores de emisiones mínimos. Este tipo de calderas son de aplicación en escuelas, complejos hoteleros, proyectos de urbanización, plantas de procesamiento de maderas, edificios públicos, etc.

Entre las principales características técnicas podemos destacar:

- Cuerpo de caldera con aislamiento
- Intercambiador de seguridad
- Sistema de aspiración con regulación de velocidad
- Limpieza automática de la parrilla de combustión mediante sistema basculante con limpieza de incrustaciones
- Limpieza totalmente automatizada de los intercambiadores y la parrilla de combustión móvil.
- Cámara de combustión con 2 zonas
- Sistema RSE anti-retorno de la llama
- Control del nivel de almacén intermedio mediante sensores infrarrojos
- Encendido automático mediante soplador de aire caliente
- Extracción automática de cenizas de combustión y gases
- Recogida de cenizas en cajón central
- Accesorios de limpieza
- Instrucciones de instalación
- Aislamiento térmico de gran espesor.
- Regulación de la sonda lambda: consigue una combustión uniforme mediante el sistema de aspiración con variador de frecuencia.
- Alto y constante rendimiento.

- Regulación T-CONTROL con pantalla táctil de color VGA que puede controlar además del funcionamiento de la caldera, el circuito de calefacción, ACS, depósito de inercia e instalación solar si las hubiese. Este nuevo sistema de regulación ofrece la posibilidad de visualización y mantenimiento remoto vía smartphone, PC o tablet-PC (opcional).
- Otras ventajas del T-CONTROL:
 - Modo de espera
 - Envío de mensajes de estado y de error vía e-mail
 - Transferencia de datos y actualización de software vía USB
 - Posibilidad de comunicación Modbus
 - Presentación clara del estado de los diferentes componentes (bomba de calefacción, bomba de ACS, válvula mezcladora, válvula de 3 vías, actuadores, etc.)
- Combustible: Policombustible

Es de considerar también que las instalaciones con calderas de biomasa, como lo es la nuestra, tienen una mayor inercia a generar calor que las de gas o de gasóleo, debido a que por si alguna causa hubiera algún corte eléctrico, la biomasa introducida en la caldera continuaría quemándose y produciendo un calor adicional que debe ser eliminado.

Hay varias alternativas para la eliminación de este calor:

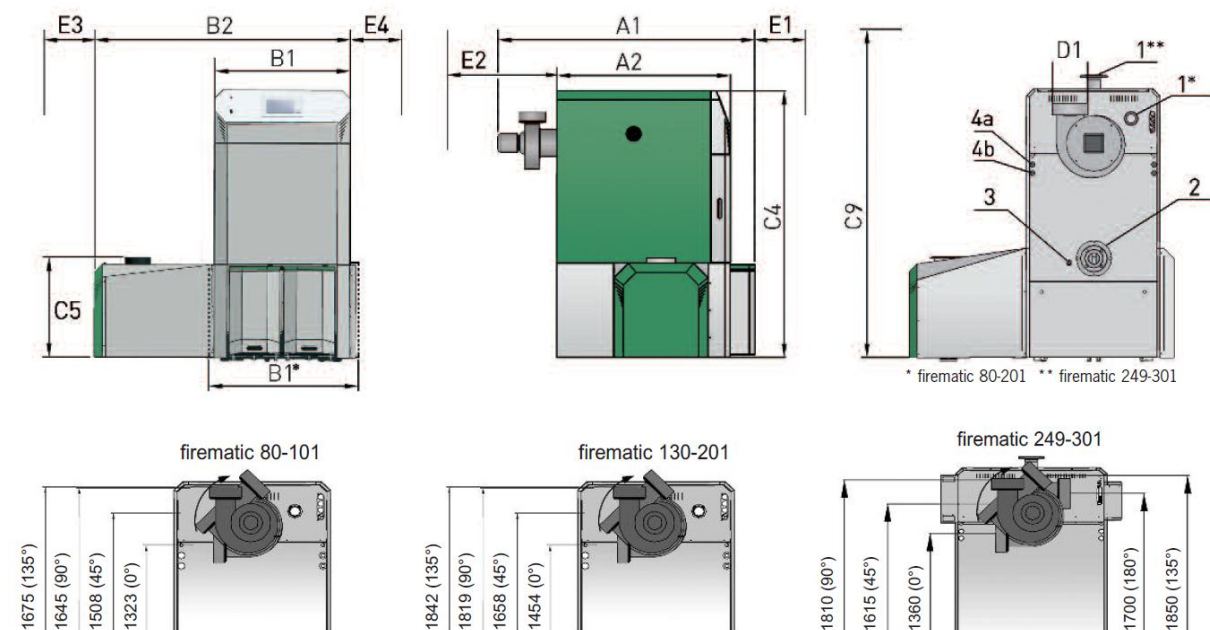
- Un recipiente de expansión abierto que pueda liberar el vapor si la temperatura del agua alcanza los 100 °C dentro de la caldera.
- Un intercambiador de calor de seguridad en la caldera, refrigerado por una corriente de agua cuando la temperatura en el interior de la caldera aumente demasiado.
- Un depósito de acumulación, siempre y cuando la circulación natural tenga la capacidad de enfriar la caldera.

Los datos técnicos y dimensiones de la caldera elegida son los que se muestran a continuación:

7. ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Pablo Gómez Vidal

firematic 80-301



firematic 80-149

Datos técnicos	80	100	101	130	149
Rango de potencia astillas (kW)	23,2-80	23,2-99	23,2-101	36,7-130	36,7-149
Rango de potencia pellets (kW)	23,2-80	23,2-99	23,2-101	35,9-130	35,9-149
Dimensiones (mm)					
A1 Longitud - total	1709	1709	1709	2071	2071
A2 Longitud - frontal	1178	1178	1178	1494	1494
B1 Ancho	846	846	846	980	980
B1* Ancho (con eliminación de componentes)	800	800	800	950	950
B1* Ancho (sin eliminación de componentes)	907	907	907	1024	1024
B2 Ancho - con alimentación	1636	1636	1636	1888	1888
C4 Altura	1690	1690	1690	1818	1818
C5 Altura superior - Zona alimentación RSE	646	646	646	765	765
C9 Altura mín. recomendada sala de calderas	2300	2300	2300	2400	2400
D1 Diámetro chimenea	180	180	180	200	200
E1 Espacio de mantenimiento parte frontal	800	800	800	1000	1000
E2 Espacio de mantenimiento parte trasera	450	450	450	600	600
E3 Espacio mín. de mantenimiento lado izquierdo	300	300	300	300	300
E4 Espacio mín. de mantenimiento lado derecho	700	700	700	700	700
Datos técnicos					
Peso caldera kg	1032	1032	1032	1370	1370
Rendimiento η_f %	>94	>94	>94	>94	>95
Máx. presión de trabajo bar	3,0	3,0	3,0	5,0	5,0
Máx. temperatura de trabajo permitida °C	95	95	95	95	95
Contenido de agua l	179	179	179	254	254
Caudal de gases a potencia nominal: kg/s	0,046	0,057	0,057	0,076	0,089
Astillas (pellets)	(0,046)	(0,059)	(0,059)	(0,079)	(0,087)
Caudal de gases a potencia parcial: kg/s	0,015	0,015	0,015	0,023	0,023
Astillas (pellets)	(0,016)	(0,016)	(0,016)	(0,022)	(0,022)

Tabla 72.- Datos técnicos caldera biomasa Herz Firematic 149

7.8.3.2 Elementos necesarios para llevar a cabo la instalación

Para llevar a cabo la renovación de la instalación de calefacción necesitaremos además de las nuevas calderas otros componentes para que, formando un conjunto, la instalación funcione correctamente. Los elementos principales de los que se ha de componer la instalación son los siguientes:

- Silo

En primer lugar, será necesario la elección de un local independiente donde se pueda almacenar el combustible y, en concreto que tenga las dimensiones necesarias para que pueda albergar combustible suficiente para dar servicio como mínimo durante dos semanas. Esta estancia es la que se conoce como silo. En nuestro caso el silo estará ubicado en un local anexo a la sala de calderas exterior de la planta baja, y será un local de nueva construcción. Este local tendrá capacidad para 74,25 m³ útiles, aunque su volumen total es de 90 m³. A este volumen total hay que restarle el volumen de almacenaje que perdemos debido a que el silo consta de dos inclinaciones laterales (de 23,2° de inclinación respecto a la horizontal) que nos sirven para que el combustible almacenado fluya hacia el centro del silo y que así no quede estancado.

- Agitador rotativo de fondo

Elemento situado en el interior del silo cuya función es permitir la circulación del combustible. En la parte recta central del silo, a nivel del suelo, se colocará un dispositivo circular rotativo de 3 m de diámetro que gracias a sus aspas hará que el combustible almacenado se mueva y se deposite la cantidad necesaria en el tornillo sinfín que lo transportará a caldera.

- Tornillo sinfín

Elemento situado en el interior del silo y a nivel del suelo. Es un transportador helicoidal sinfín horizontal, cerrado con chapa de acero en "U", y se encarga de transportar el combustible desde el silo donde está almacenado hasta la sala de calderas donde se utilizará. De esta manera el combustible llega hasta la zona de caldera donde será introducido gracias a un extractor elevador vertical con motorización independiente (para L=1,2 m) que lo deposita en la entrada de combustible de la caldera.

- Tolva de llenado vertical

Es el sistema que se utiliza para rellenar el combustible en el silo y se encuentra situado en la parte exterior del silo. Este sistema ofrece la posibilidad de cubrir de manera óptima el almacenamiento. El combustible (astillas en nuestro caso) se transporta a través de un tornillo sinfín vertical desde la descarga en el exterior hasta la parte superior del silo (3 metros de altura) desde donde se distribuye por todo el interior del mismo gracias a un tornillo sinfín dispuesto de manera horizontal.

- Depósitos acumuladores de inercia

Debido a que las calderas de biomasa tardan un tiempo considerable desde el arranque hasta llegar a ponerse a plena carga, y que de igual manera tardan también un tiempo en dejar de producir energía desde su parada, es necesario instalar depósitos de inercia. Estos depósitos de inercia nos permiten acumular energía para largos períodos de tiempo, reduciendo así el número de arranques y paradas de la caldera. Además al poder tener esa energía almacenada, podremos disminuir la potencia de las calderas ya que con esa energía podremos cubrir las puntas de demandas sin que ello influya en la caldera.

En nuestro caso instalaremos dos depósitos de inercia modelo Herz PUB 3000 con aislamiento incluido. Cuyas características son: capacidad de 3000 litros, diámetro de 1.450 mm, altura de 2.644 mm, peso 280 kg. Estos depósitos estarán ubicados en la sala de calderas, tal y como se puede ver en el apartado de Planos.

▪ Otros Componentes

Mención aparte merecen los elementos secundarios, pero de igual importancia, como lo serán las chimeneas de acero inoxidable, de doble pared y que saldrán un metro por encima de la cubierta, de manera que permitirán la evacuación de los humos al exterior cumpliendo con lo estipulado en la norma UNE EN 13384-1. Otros elementos a tener en cuenta serían los diferentes tipos de válvulas para el control de la instalación o los elementos de seguridad.

Debido a que nuestra instalación consta de dos calderas, será necesario instalar por duplicado algunos elementos, como el tornillo sinfín horizontal o el extractor elevador vertical, ya que cada caldera necesita el suyo propio.

Todos estos elementos pueden verse de manera gráfica y más detallada en el apartado de planos, en concreto en el Plano de la Sala de Calderas. Aun así a continuación se muestra un imagen donde se puede ver una visión general de la disposición de estos elementos:

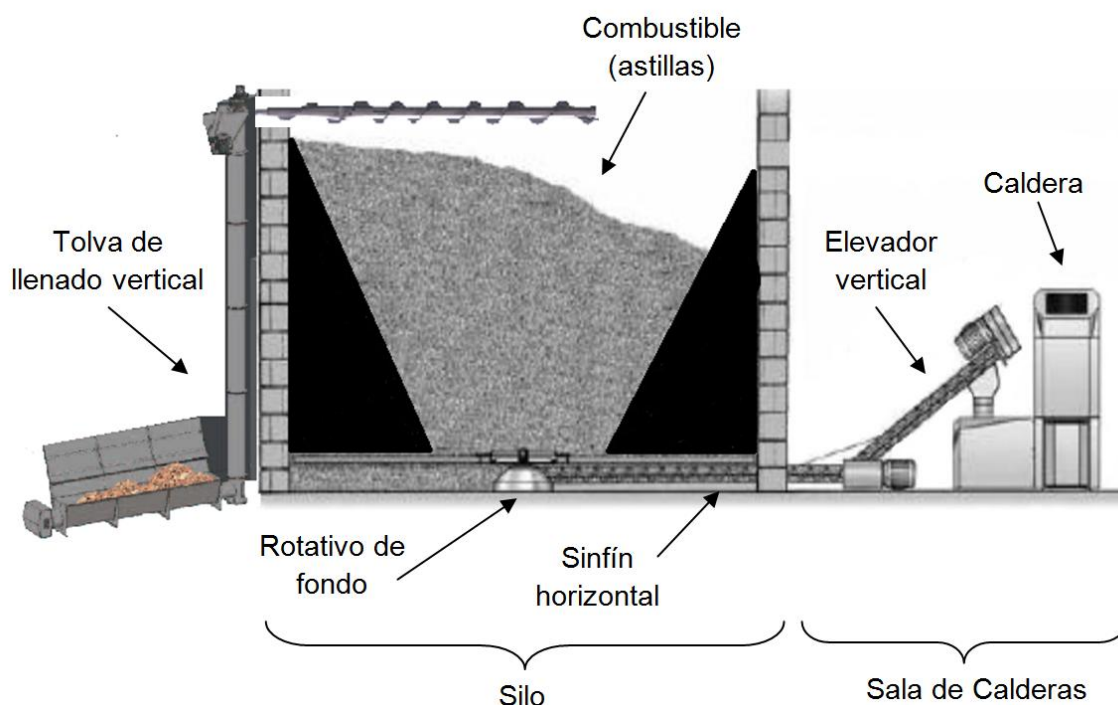


Figura 34.- Disposición de los componentes del silo y la sala de calderas

7.8.3.3 Materia prima y combustible necesario

Como comentamos en apartados anteriores del anexo, la solución para conseguir un importante ahorro energético en la instalación de calefacción pasa por la utilización de un combustible alternativo. En nuestro caso con la elección de las calderas de biomasa tendríamos varias opciones ya que estas calderas son policombustibles, lo que quiere decir que podríamos por ejemplo utilizar, pellets, leña, huesos de aceituna o astillas.

Algunas de las ventajas de biomasa como combustible son las que se exponen a continuación:

- Es una fuente de energía inagotable y ecológica.
- Prácticamente no contamina el Medio ambiente y no destruye la Capa de Ozono.

- Debido a que es una fuente de energía renovable, la dependencia y demanda de los combustibles fósiles disminuye.
- Precio más económico, tiene un coste mucho más inferior que la energía convencional.
- Favorece a la limpieza y al medioambiente, ya que lo que se utiliza como combustible, es una parte necesaria a eliminar por parte del sector agrícola que tiene excedentes.
- Las cenizas que se producen en su quema se pueden utilizar como abono.
- Existe una tecnología muy avanzada, con garantía de funcionamiento, alto rendimiento, y fiabilidad.
- Ayuda a evitar incendios.

En cuanto a las emisiones nocivas emitidas a la atmósfera hay que comentar que con la implementación de este sistema que utiliza biomasa como combustible, se considerarían nulas, ya que el CO₂ que se origina en la combustión es el mismo que es usado por las plantas en su crecimiento. Las plantas, en su crecimiento, absorben CO₂ de la atmósfera y fijan en su organismo el carbono contenido en dicho dióxido. Cuando tiene lugar la combustión de la biomasa, ese mismo carbono es el que se vuelve a combinar con el oxígeno, produciendo de nuevo CO₂. De esta forma, al cerrarse un ciclo completo, el balance de emisiones de CO₂ se puede considerar neutro.

En nuestro caso para conseguir que todo esto sea viable y conseguir maximizar el ahorro económico, la instalación empleará biomasa como combustible en forma de astillas. Estas astillas, han de cumplir lo estipulado en las normas citadas en el apartado 6.3 de dicho anexo, y en concreto cabe destacar que deben de cumplir con las siguientes características:

- Máximo tamaño, clase G30-G50 .
- Máxima humedad W50 (humedad máxima de un 50%).
- Según norma ÖNORM M 7135.
- Norma UNE-CEN/TS 14961 (EN 14961).

El consumo anual de astilla para garantizar confort y la climatización de todos los espacios del centro sería de 85,32 toneladas. Como vemos es una cantidad importante, que ocuparía aproximadamente un volumen de 342 m³. Debido a esto, tendremos que diseñar una estancia destinada al almacenaje de dicho combustible, si bien es cierto que se harán varios pedidos anuales para con todos ellos lograr las cantidades citadas.

7.9 Cálculos

Para llevar a cabo el diseño y justificación de la modificación de dicha instalación ha sido necesario realizar los cálculos que se explican en este apartado.

Partiendo de los datos facilitados por la propiedad, del consumo anual de combustible (Gasóleo C) durante 5 años, podemos calcular la media para obtener una referencia real. Esto nos permitirá, junto con el conocimiento del poder calorífico del combustible y del rendimiento de las calderas actuales (obtenido a partir de la tabla B.3 de la norma UNE EN 15378:2008), obtener la demanda energética de la instalación de la siguiente manera:

$$\text{Demanda energética} = \text{Consumo energético} \cdot \text{Rendimiento caldera}$$

Una vez obtenida la demanda podremos calcular el consumo energético de los posibles nuevos combustibles, ya que la demanda es la misma para toda la instalación.

$$\text{Consumo energético} = \frac{\text{Demanda energética}}{\text{Rendimiento caldera}}$$

7. ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Pablo Gómez Vidal

Y ya por último calcularemos la cantidad de combustible necesario para cada satisfacer dicha demanda a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Combustible necesario} = \frac{\text{Consumo energético}}{\text{Poder calorífico superior}}$$

A continuación con la demanda calculada se ha valorado el uso de diferentes combustibles alternativos en la instalación, en este caso Pellets y Astilla, obteniendo los resultados que se muestran a continuación.

	Gasóleo C	Pellet	Astilla
Demanda Energética	379510,81 kWh/año		
Consumo Energético	542158,30 kWh/año	399485,06 kWh/año	399485,06 kWh/año
Poder Calórico Superior	10,18 kWh/litros	5,81 kWh/litros	4,68 kWh/litros
Rendimiento calderas	70%	95%	95%
Combustible necesario	53257,20 litros/año	68758,19 kg/año	85312,66 kg/año

Tabla 73.- Consumos anuales posibles combustibles.

La instalación demanda por lo tanto unos 379.511 kWh térmicos anuales. Esta demanda podría obtenerse con cualquiera de los combustibles y aunque a priori parezca que el más rentable es el Gasóleo C, ya que es del que menos cantidad necesitaríamos y el más desfavorable la astilla, veremos que estas suposiciones no son correctas al calcular los costes anuales en los que incurrimos para conseguir dichas cantidades.

Con los precios unitarios y la cantidad de combustible necesaria calculada anteriormente, podremos elegir la opción que resulta más rentable económicamente.

	Combustible necesario	Costes	
Gasóleo C	53257,2 litros/año	0,638 €/l	33978,09 €/año
Pellet (pallets)	68758,19 kg/año	0,2513 €/kg	17278,93 €/año
Pellet (cisterna a granel)		0,22916 €/kg	15756,63 €/año
Pellet (volquete a granel)		0,21744 €/kg	14950,78 €/año
Astilla	85312,66 kg/año	0,11026 €/kg	9406,57 €/año

Tabla 74.- Costes unitarios y anuales de los posibles combustibles.

Tras realizar las operaciones, comprobamos que las suposiciones realizadas teniendo en cuenta sólo la cantidad de combustible son erróneas, y vemos que la opción más viable, tanto económica, como medioambientalmente, es utilizar astilla como combustible.

Con la elección de la astilla como combustible tendremos que hacer frente a unos gastos anuales de 9.406,57 € frente a los 33.978,09 € que se están gastando actualmente para conseguir el mismo efecto, lo que supondría un ahorro total de 24.571,52 € anuales.

Hay que tener en cuenta que en los precios de la tabla ya están incluidos los impuestos, un transporte de 200 km y la descarga in situ, por lo que en nuestro caso no sería necesario incrementarlos, ya que el proveedor de astilla (ISEMPA SA) se encuentra situado en Palas de Rei, Lugo, a una distancia de 110 km.

Una vez tomada la decisión de utilizar astilla como combustible tendremos que dimensionar el espacio para su almacenaje y elegir y dimensionar la potencia de caldera necesaria para satisfacer la demanda térmica.

Para calcular el espacio necesario para acumular el combustible (silo de astilla), tendremos que tener en cuenta la cantidad necesaria calculada anteriormente y la densidad de la misma. A partir de ahí obtendremos el volumen necesario anual, pero bien es cierto que hay que tener en cuenta que los camiones que suministran dicho combustible tienen limitaciones de espacio y por lo tanto no podrán suministrar la cantidad que nosotros queramos sino que tendremos un máximo a la hora de hacer el pedido. Además hay que

7. ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Pablo Gómez Vidal

tener en cuenta también el tipo de silo que se desea o se puede montar, ya que en función de la forma del mismo necesitaremos más o menos espacio.

COMBUSTIBLE	ASTILLA
Densidad	250 kg/m ³
Cantidad necesaria	85312,66 Kg/año
Kg transporte/camion	18000 kg/camion
Camiones necesarios año	4,74 camiones/año
Volumen necesario	68,25 m ³ /necesario
Volumen máximo transporte	72 m ³ /camion
Superficie construída	30 m ²
Volumen construído	90,00 m ³
Volumen útil depósito construído	74,25 m ³

Tabla 75.- Dimensionado del silo de astillas.

Como se observa en la tabla anterior, será necesario repostar 5 veces durante el año, algo menos de una vez al mes, ya que la instalación de calefacción está en funcionamiento durante 6 meses. Con esta elección de repostar 5 veces al año, cumplimos las restricciones de que la cantidad de pedido es inferior a la máxima que puede transportar el camión y al suministro mínimo de dos semanas que establece la norma.

Sabiendo que necesitamos un volumen de 68,28 m³ para almacenar el combustible, sólo nos queda diseñar el silo de manera que tenga un volumen superior y en el que en combustible pueda fluir a la caldera sin ningún problema. En nuestro caso, tal y como se especificó en apartados anteriores, el silo estará ubicado en un espacio anexo a la sala de calderas exterior, constará de dos inclinaciones en los laterales y una superficie plana en el centro donde se posicionará el rotativo encargado de hacer circular el combustible. Con estas características y teniendo en cuenta que la altura útil es de 3 m en dicha sala, se construye una superficie de 90 m², recordando que no todo el volumen es útil debido a las inclinaciones para el flujo del combustible. Como resultado nos queda un volumen de 74,25 m³ útil. Este volumen tal y como se expone es mayor que el necesario, por lo que el silo dimensionado cumple todos los requisitos.

Para la elección de las calderas, se ha calculado la demanda térmica diaria, suponiendo que la instalación trabaja 120 días al año (6 meses de 4 semanas, 5 a la semana).

Una vez obtenida la demanda diaria de 3.162,59 kW y estableciendo que estos equipos estarán en funcionamiento durante 12 horas al día, obtendremos la potencia/hora necesaria, y con esto elegiremos la caldera. Hay que tener en cuenta que como comentamos anteriormente, a las calderas habrá que añadirle los acumuladores de inercia, cuyo volumen se estima entre 15 - 25 litros/kW de caldera, en nuestro caso se ha establecido 20 litros/kW caldera para el cálculo y se considera suficiente. Con todo esto obtenemos lo siguiente:

CALDERA BIOMASA	
Demanda diaria	3162,59 kW/día
Demanda hora	263,55 kW/hora
Potencia Caldera	298 kW
Inercia	20 litros/kW
Depósito Inercia	5960 litros

Tabla 76.- Potencia de las nuevas calderas e inercia necesaria.

Los cálculos realizados nos indican la necesidad de suministrar 263,55 kW/hora a la instalación para poder garantizar el confort de todas las estancias. Tras conocer este dato y mirando en el catálogo del fabricante, en nuestro caso Herz, se opta por la elección de 2 calderas de 149 kW/ud, con una inercia de 5960 litros, que se repartirá en 2 depósitos acumuladores de 3000 litros/ud.

Se han elegido dos calderas de potencia reducida (149 kW/ud) y no una de mayor potencia (300 kW/ud) ya que, por un lado garantizamos que en caso de fallo de una de las dos calderas podríamos seguir dando servicio a la instalación, y, por otro lado esto supone también un mayor ahorro, ya que habrá momentos en los que con poca potencia cubriremos las necesidades y, por lo tanto sólo será necesario que esté en funcionamiento una caldera, mientras que de elegir una única caldera estas ventajas serían inviables.

El funcionamiento de la instalación estará basado en el previo arranque de las calderas a la apertura del edificio. Las calderas arrancarán 2 horas antes de la apertura del centro, de esta manera conseguirán tener la inercia a la temperatura adecuada para que pueda suplirse la punta de energía que se demanda en la apertura del centro. A partir de ese momento y según las necesidades de la instalación, estarán en funcionamiento una caldera u otra, o bien las dos para poder mantener la temperatura adecuada en todas las estancias necesarias.

De esta manera podemos garantizar que se cubren totalmente las necesidades de la instalación.

Por último sólo nos quedará diseñar la nueva red de tuberías que sea capaz de distribuir el agua entre las calderas y los nuevos componentes instalados, tales como son los intercambiadores de calor o los depósitos de inercia. Para ello, hay que realizar los cálculos correspondientes para obtener el diámetro necesario y las pérdidas en las que se incurren a lo largo de los diferentes tramos que se indicarán en la tabla posterior.

Para ello previamente definiremos las fórmulas necesarias que son las siguientes:

$$\text{Caudal Calculado} = \frac{\text{Potencia Caldera}}{4.18 \cdot \text{Salto térmico}}$$

$$\varnothing \text{ calculado} = \sqrt{\frac{4 \cdot \text{Caudal Calculado}}{\pi \cdot \text{Velocidad}}}$$

$$\text{Velocidad real} = \frac{4 \cdot \text{Caudal Calculado}}{\pi \cdot (\varnothing \text{ real})^2}$$

$$\text{Pérdidas Unitarias} = \frac{\text{Coeficiente rugosidad} \cdot (\text{Velocidad real})^{1.25}}{(\varnothing \text{ real})^{1.25}}$$

$$\text{Pérdidas Totales} = \text{Pérdidas Unitarias} \cdot \text{Longitud Total}$$

La velocidad se ha cogido siguiendo lo indicado en el punto 4.2.1 del DB-HS 4, donde se expone que para el acero la velocidad estar entre 1 y 2 m/s para evitar sedimentaciones y ruido. Por ello se ha tomado una velocidad 1,5 m/s para calcular el diámetro necesario.

El coeficiente de rugosidad varía según el material de las tuberías, en este caso, ya que las tuberías serán de acero tiene un valor de 0.0007.

Las longitudes son las calculadas en función de cada tramo según las distancias entre los componentes y la longitud equivalente se supone como el 30% de la longitud. Para calcular la longitud total tendremos que sumar ambas longitudes.

La potencia de la caldera es la ya indicada de 149 kW y el salto térmico será de 10°C.

7. ANEXO IV: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Pablo Gómez Vidal

Con todo ello los resultados son los que se muestran a continuación:

Tramo	Zona	Coeficiente Simultaneidad	Caudal calculado	Velocidad	Ø calculado	Ø real	Coef. Rugosidad	Velocidad real	Pérdidas unitarias	Longitud	Longitud equivalente	Longitud total	Pérdidas Totales
1	Caldera 1 - T1	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	3,9	1,6714	5,5714	0,1924
2	T1 - T2	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	1,2	0,5143	1,7143	0,0592
3	T1 - T4	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	0,9	0,3857	1,2857	0,0444
4	Caldera 2 - T3	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	1,5	0,6429	2,1429	0,0740
5	T3 - T4	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	1,1	0,4714	1,5714	0,0543
6	T3 - T2	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	0,9	0,3857	1,2857	0,0444
7	T2 - Intercambiador 1	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	1,8	0,7714	2,5714	0,0888
8	T4 - Intercambiador 2	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	1,4	0,6000	2,0000	0,0691
9	Intercambiador 1 - Inercia 1	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	1	0,4286	1,4286	0,0493
10	Intercambiador 2 - Inercia 2	1	3,5646	1,5	55,0066	60,3	0,0007	1,2482	0,0345	1	0,4286	1,4286	0,0493
TOTAL												0,7251	

Tabla 77.- Dimensionado red tuberías sala calderas

En total necesitaremos 15 metros de tubería de acero de un diámetro de 60.3 mm.

7.10 Conclusiones finales

Como resultado final, con la sustitución de las calderas actuales que utilizan como combustible gasóleo C a las calderas de nueva implementación que utilizan astilla como combustible, podemos observar los siguientes cambios en la instalación:

- La potencia instalada se reduce de 837 kW a 298 kW.
- El gasto anual se reduce de 33.978,09 € a 9.406,57 €.
- El rendimiento y la eficiencia de la instalación mejoran notablemente.
- Las emisiones nocivas a la atmósfera se reducen en cantidades muy amplias, de 148.36 Tn anuales pasan a ser consideradas prácticamente nulas.
- Se logra la unificación de las calderas y elementos auxiliares en un único espacio, gracias a la eliminación de la sala de calderas interior.

Hay que comentar que en este proyecto se ha descartado la alternativa del uso de gas natural como combustible ya que el centro no posee de red de suministro y por considerarse este combustible menos favorable para el medio ambiente. Además es también desfavorable si lo comparamos en precio con la solución elegida y con la posible evolución del mismo a lo largo de los años.

Por último hay que comentar que en este anexo se han realizados los cálculos pertinentes para la sustitución de la instalación de calefacción, pero de llegarse a llevar a cabo dicha instalación, habría que diseñar las nuevas instalaciones auxiliares de las que se necesita y que marque la normativa vigente, como pueden ser la instalación de protección contra incendios e iluminación en la estancia de nueva construcción (silo de astillas).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2016/17

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

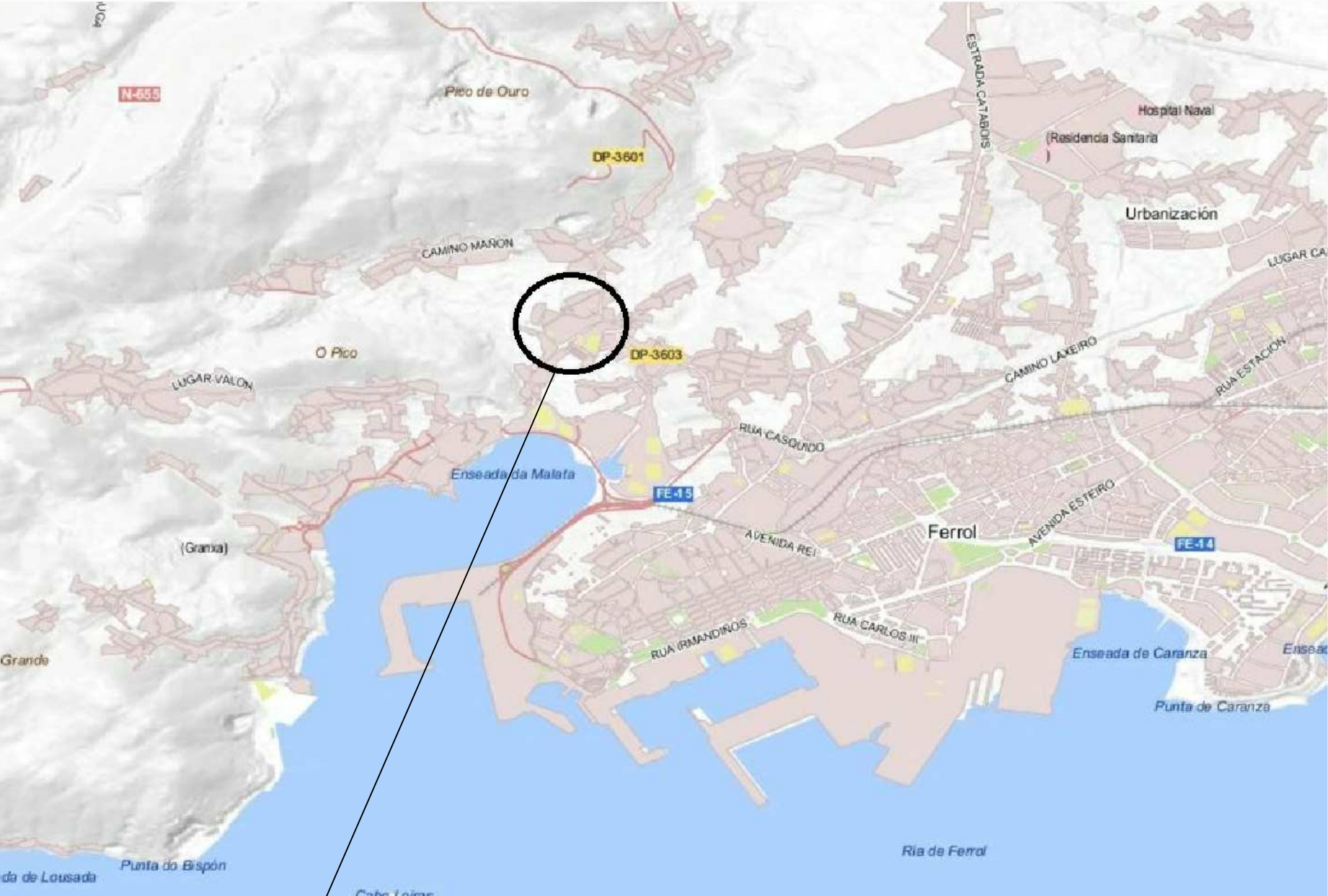
Máster en Ingeniería Industrial

Documento

PLANOS

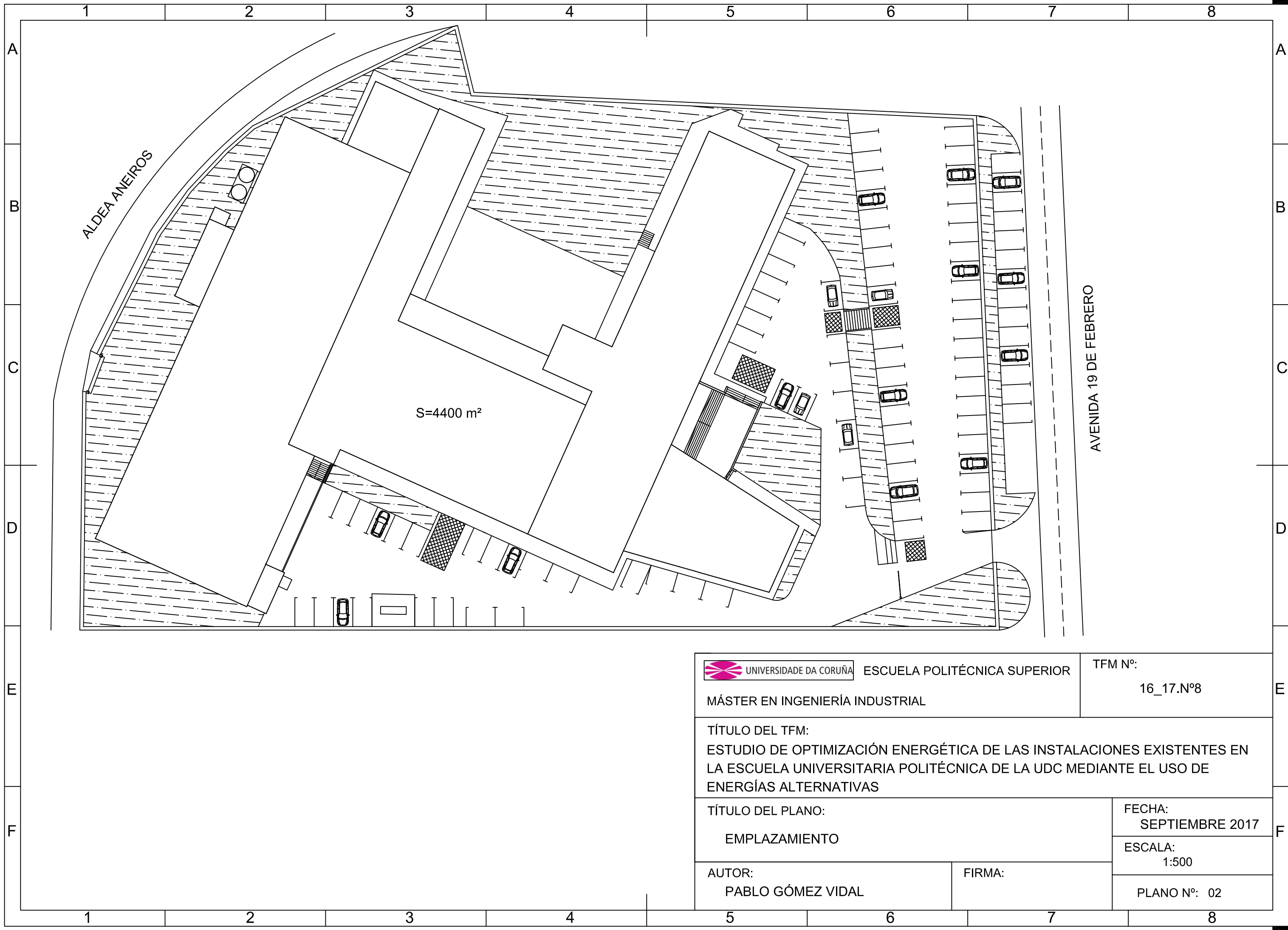
ÍNDICE

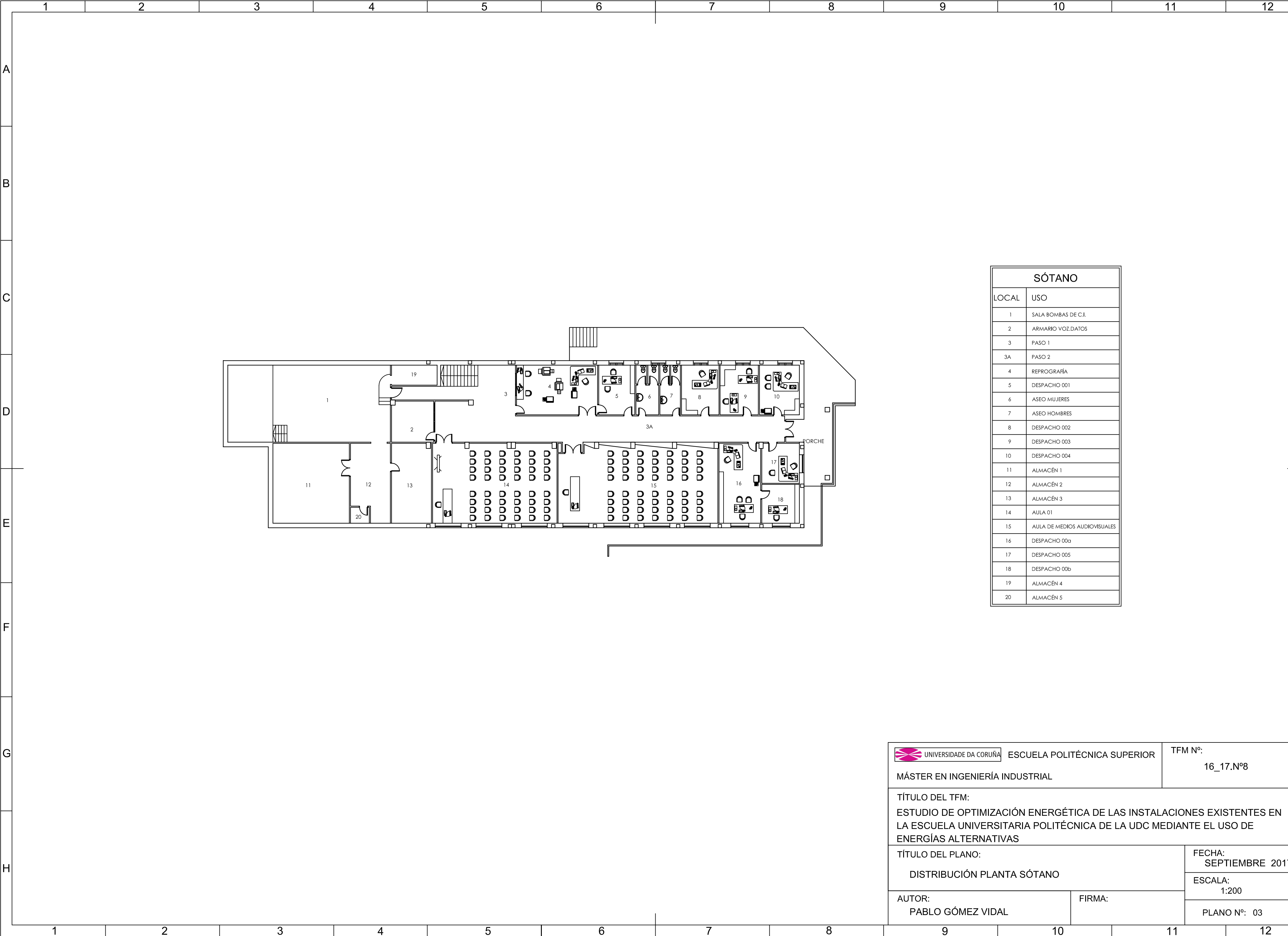
8 PLANOS	133
8.1 Situación.....	133
8.2 Emplazamiento	134
8.3 Distribución Planta Sótano.....	135
8.4 Distribución Planta Baja.....	136
8.5 Distribución Primera Planta.....	137
8.6 Distribución Segunda Planta.....	138
8.7 Distribución Tercera Planta.....	139
8.8 Acotación y Superficies Planta Sótano.....	140
8.9 Acotación y Superficies Planta Baja.....	141
8.10 Acotación y Superficies Primera Planta	142
8.11 Acotación y Superficies Segunda Planta.....	143
8.12 Acotación y Superficies Tercera Planta.....	144
8.13 Instalación de Alumbrado Planta Sótano	145
8.14 Instalación de Alumbrado Planta Baja.....	146
8.15 Instalación de Alumbrado Primera Planta	147
8.16 Instalación de Alumbrado Segunda Planta.....	148
8.17 Instalación de Alumbrado Tercera Planta	149
8.18 Suministro de Aguas Pluviales Planta Sótano.....	150
8.19 Suministro de Aguas Pluviales Planta Baja.....	151
8.20 Suministro de Aguas Pluviales Primera Planta	152
8.21 Suministro de Aguas Pluviales Segunda Planta.....	153
8.22 Suministro de Aguas Pluviales Tercera Planta.....	154
8.23 Distribución Sala de Calderas.....	155
8.24 Esquema Instalación de Calefacción	156



EDIFICIO OBJETO DE PROYECTO

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM N°:
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL			16_17.N°8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS			
TÍTULO DEL PLANO: SITUACIÓN			FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL			ESCALA: 1:50000
FIRMA:			PLANO N°: 01







UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TFM N°:
16_17.Nº8

TÍTULO DEL TFM:
ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

TÍTULO DEL PLANO:
DISTRIBUCIÓN PLANTA SÓTANO

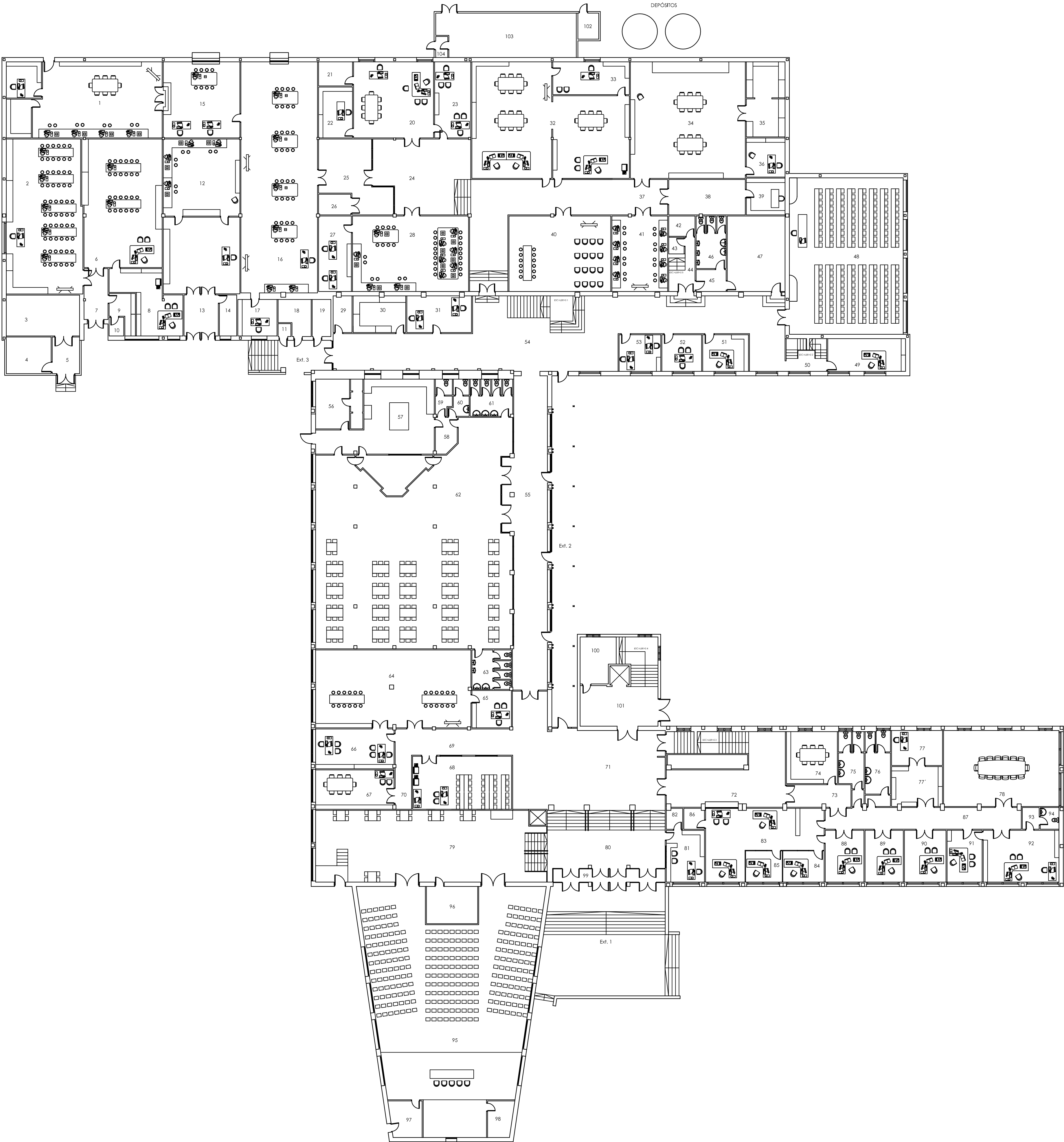
AUTOR:
PABLO GÓMEZ VIDAL

FIRMA:

FECHA:
SEPTIEMBRE 2017

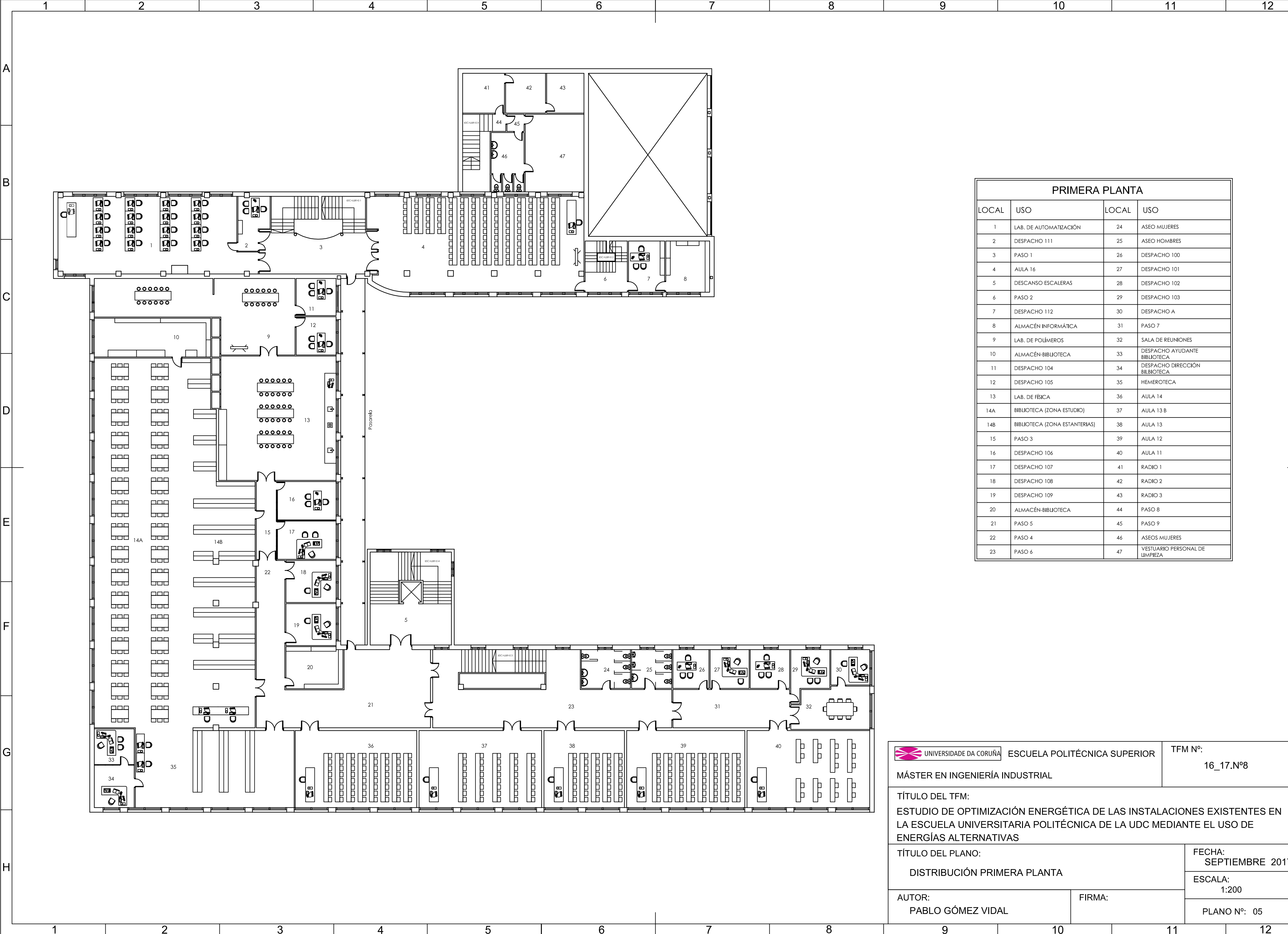
ESCALA:
1:200

PLANO N°: 03



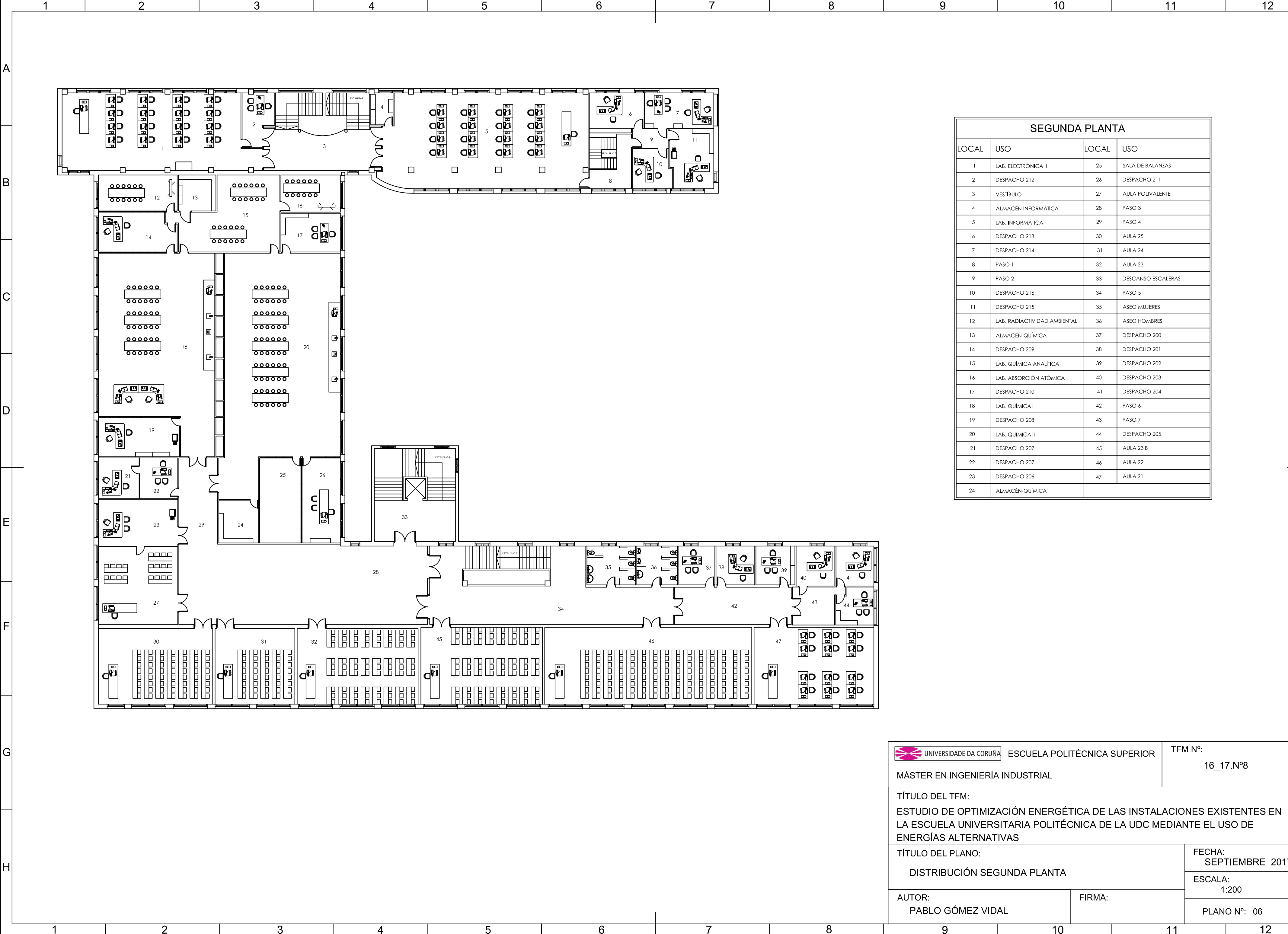
PLANTA BAJA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	TALLER DE FIBRA	54	PASO 6
2	LAB. DE ELECTRICIDAD	55	PASO 7
3	TRANSFORMADOR 1	56	ALMACÉN 6
4	SALA GRUPO ELECTROGENO	57	COCINA
5	PASO 0	58	OFICINA
6	LAB. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	59	ASEOS PERSONAL CAFETERÍA
7	PASO 1	60	ASEOS PERSONAL CAFETERÍA
8	DESPACHO 025	61	ASEO MUJERES
9	ALMACÉN 1	62	CAFETERÍA Y COMEDOR
10	ALMACÉN 2	63	ASEO HOMBRES
11	ALMACÉN CAFETERÍA	64	LAB. DE ENSAYOS DE MATERIALES
12	LAB. SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA	65	DEPACHO 011
13	DISTRIBUIDOR	66	DESPACHO 010
14	DESPACHO 023	67	DELEGACIÓN DE ALUMNOS
15	LAB. FRÍO	68	AULA NET
16	TALLER DE MÁQUINAS	69	PASO 9
17	DESPACHO 025	70	PASO 10
18	SALA DE CALDERAS 1	71	VESTIBULO
19	SALA DE CALDERAS 2	72	PASO 11
20	LAB. ELECTRÓNICA 1	73	PASO 12
21	CUARTO OSCURO	74	SALA DE PROFESORES
22	TALLER	75	ASEO MUJERES
23	DESPACHO 026	76	ASEO HOMBRES
24	PASO 2	77	SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD
25	PASO 3	77	ARCHIVO
26	CABINA INSONORIZADA	78	SALA DE JUNTAS
27	DESPACHO 016	79	VESTIBULO SALÓN DE ACTOS
28	LAB. AUTOMATISMOS Y SISTEMAS	80	VESTIBULO-ESCALERAS
29	CUARTO DE LIMPIEZA	81	CONSERJERÍA
30	ARCHIVO	82	CUADROS ELÉCTRIC. CONSERJERÍA
31	LABORATORIOS	83	ADMINISTRACIÓN-SECRETARÍA
32	LAB. HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA	84	DESPACHO A
33	DESPACHO 027	85	DESPACHO B
34	LAB. DE MECÁNICA	86	ARCHIVO SECRETARÍA
35	ALMACÉN 2	87	PASO 13
36	DESPACHO 028	88	DESPACHO SECRETARIO ACADÉMICO
37	PASO 4	89	DESPACHO SUBDIRECTOR
38	ARMARIO DE VOZ-DATOS	90	DESPACHO JEFE DE ESTUDIOS
39	ALMACÉN 3	91	DESPACHO SECRETARIA DE DIRECCIÓN
40	LAB. FLUIDOS	92	DESPACHO DIRECTOR
41	LAB. DE CIRCUITOS	93	ARMARIO-DISTRIBUIDOR
42	ALMACÉN 4	94	ASEO
43	ALMACÉN 5	95	SALÓN DE ACTOS
44	PASO 5	96	CABINA
45	DISTRIBUIDOR	97	CAMERINO 1
46	ASEO HOMBRES	98	CAMERINO 2
47	TALLER MANTENIMIENTO	99	VESTIBULO PREVIO
48	AULA MAGNA	100	MÁQUINA ASCENSOR
49	DESPACHO 029	101	VESTIBULO-ESCALERAS
50	PASO 8	102	SALA DE BOMBAS
51	DESPACHO 030	103	SALA DE CALDERAS
52	DESPACHO 031	104	ANTE SALA
53	DESPACHO 032		

UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°:
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL		16_17.Nº8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN PLANTA BAJA		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: 1:200
FIRMA:		PLANO N°: 04



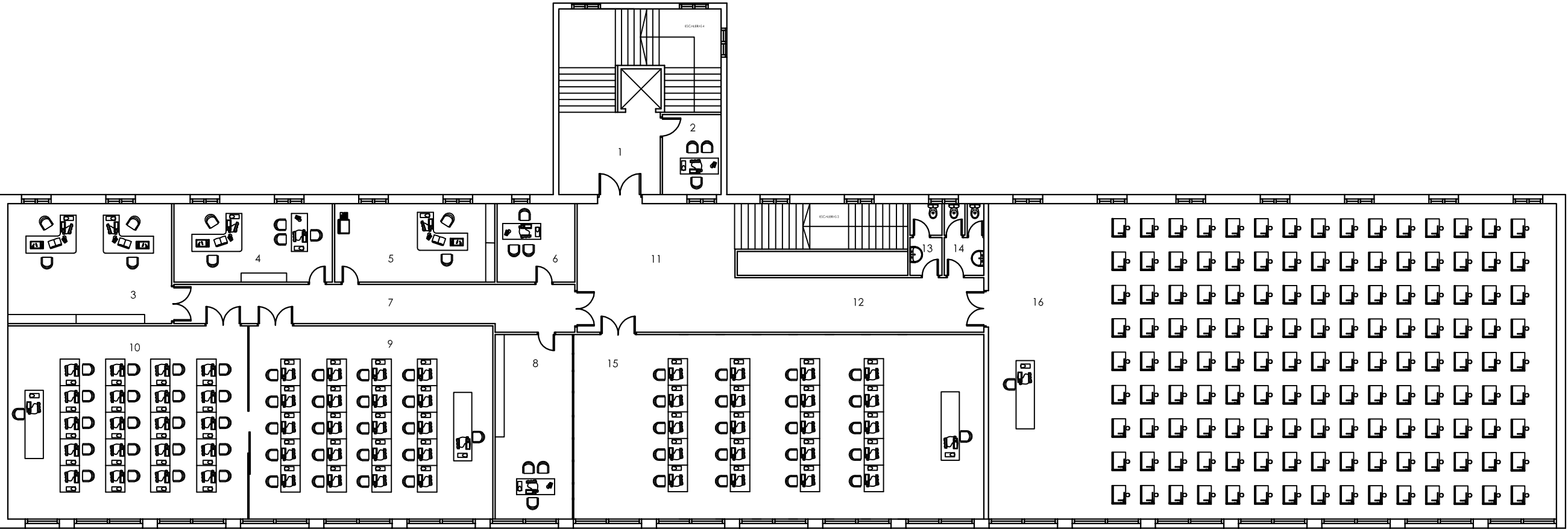
PRIMERA PLANTA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	LAB. DE AUTOMATIZACIÓN	24	ASEO MUJERES
2	DESPACHO 111	25	ASEO HOMBRES
3	PASO 1	26	DESPACHO 100
4	AULA 16	27	DESPACHO 101
5	DESCANSO ESCALERAS	28	DESPACHO 102
6	PASO 2	29	DESPACHO 103
7	DESPACHO 112	30	DESPACHO A
8	ALMACÉN INFORMÁTICA	31	PASO 7
9	LAB. DE POLÍMEROS	32	SALA DE REUNIONES
10	ALMACÉN-BIBLIOTECA	33	DESPACHO AYUDANTE BIBLIOTECA
11	DESPACHO 104	34	DESPACHO DIRECCIÓN BLBIOTECA
12	DESPACHO 105	35	HEMEROTECA
13	LAB. DE FÍSICA	36	AULA 14
14A	BIBLIOTECA (ZONA ESTUDIO)	37	AULA 13 B
14B	BIBLIOTECA (ZONA ESTANTERIAS)	38	AULA 13
15	PASO 3	39	AULA 12
16	DESPACHO 106	40	AULA 11
17	DESPACHO 107	41	RADIO 1
18	DESPACHO 108	42	RADIO 2
19	DESPACHO 109	43	RADIO 3
20	ALMACÉN-BIBLIOTECA	44	PASO 8
21	PASO 5	45	PASO 9
22	PASO 4	46	ASEOS MUJERES
23	PASO 6	47	VESTUARIO PERSONAL DE LIMPIEZA

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM N°: 16_17.Nº8
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL			
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS			
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN PRIMERA PLANTA			FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL			ESCALA: 1:200
FIRMA:			PLANO N°: 05



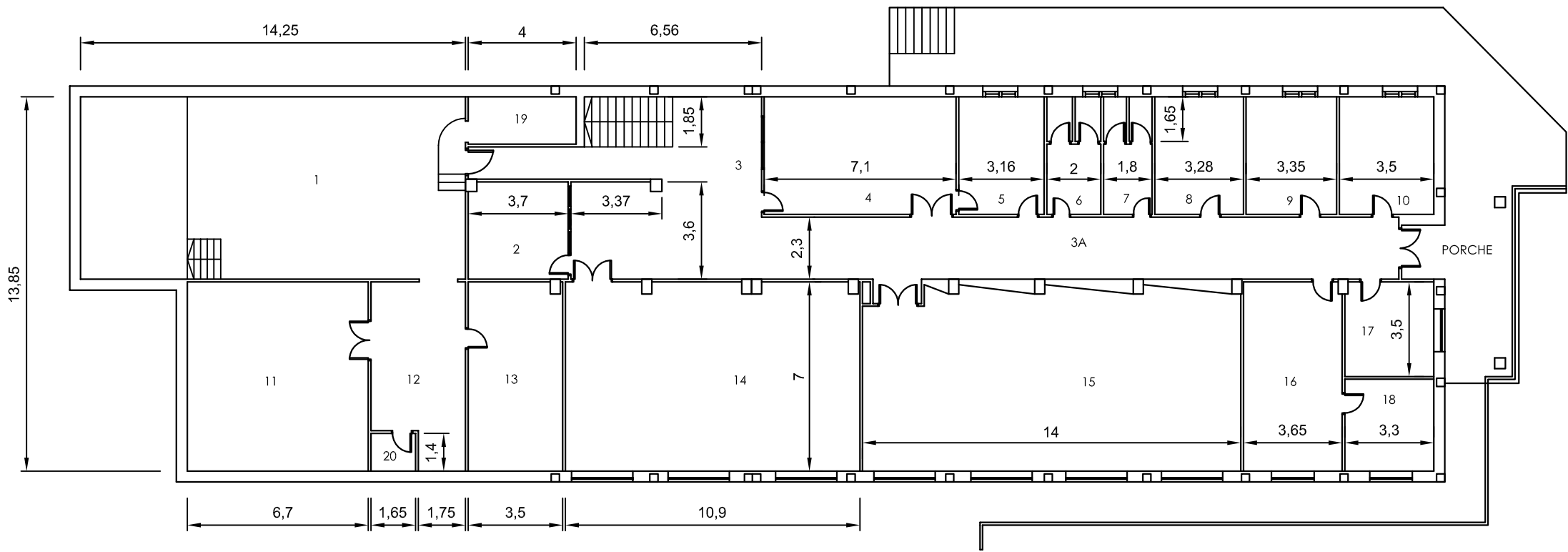
SEGUNDA PLANTA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	LAB. ELECTRÓNICA II	25	SALA DE BALANZAS
2	DESPACHO 212	26	DESPACHO 211
3	VESTÍBULO	27	AULA POLIVALENTE
4	ALMACÉN INFORMÁTICA	28	PASO 3
5	LAB. INFORMÁTICA	29	PASO 4
6	DESPACHO 213	30	AULA 25
7	DESPACHO 214	31	AULA 24
8	PASO 1	32	AULA 23
9	PASO 2	33	DESCANSO ESCALERAS
10	DESPACHO 216	34	PASO 5
11	DESPACHO 215	35	ASEO MUJERES
12	LAB. RADIATIVIDAD AMBIENTAL	36	ASEO HOMBRES
13	ALMACÉN-QUÍMICA	37	DESPACHO 200
14	DESPACHO 209	38	DESPACHO 201
15	LAB. QUÍMICA ANALÍTICA	39	DESPACHO 202
16	LAB. ABSORCIÓN ATÓMICA	40	DESPACHO 203
17	DESPACHO 210	41	DESPACHO 204
18	LAB. QUÍMICA I	42	PASO 6
19	DESPACHO 208	43	PASO 7
20	LAB. QUÍMICA II	44	DESPACHO 205
21	DESPACHO 207	45	AULA 23 B
22	DESPACHO 207	46	AULA 22
23	DESPACHO 206	47	AULA 21
24	ALMACÉN-QUÍMICA		

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°:	
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL				16_17.Nº8	
TÍTULO DEL TFM:					
ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS					
TÍTULO DEL PLANO:					
DISTRIBUCIÓN SEGUNDA PLANTA					
AUTOR:				FIRMA:	
PABLO GÓMEZ VIDAL					
				FECHA:	
				SEPTIEMBRE 2017	
				ESCALA:	
				1:200	
				PLANO N°: 06	



TERCERA PLANTA	
LOCAL	USO
1	DESCANSO ESCALERAS
2	DESPACHO 305
3	DESPACHO 301
4	DESPACHO 302
5	DESPACHO 303
6	DESPACHO 304
7	PASO 1
8	DESPACHO 300
9	AULA CAD 2
10	AULA CAD 3
11	PASO 2
12	PASO 3
13	ASEO HOMBRES
14	ASEO MUJERES
15	AULA CAD 1
16	AULA DE DIBUJO

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°:	
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL				16_17.Nº8	
TÍTULO DEL TFM:					
ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS					
TÍTULO DEL PLANO:				FECHA:	
DISTRIBUCIÓN TERCERA PLANTA				SEPTIEMBRE 2017	
AUTOR:				ESCALA:	
PABLO GÓMEZ VIDAL				1:200	
FIRMA:				PLANO N°: 07	

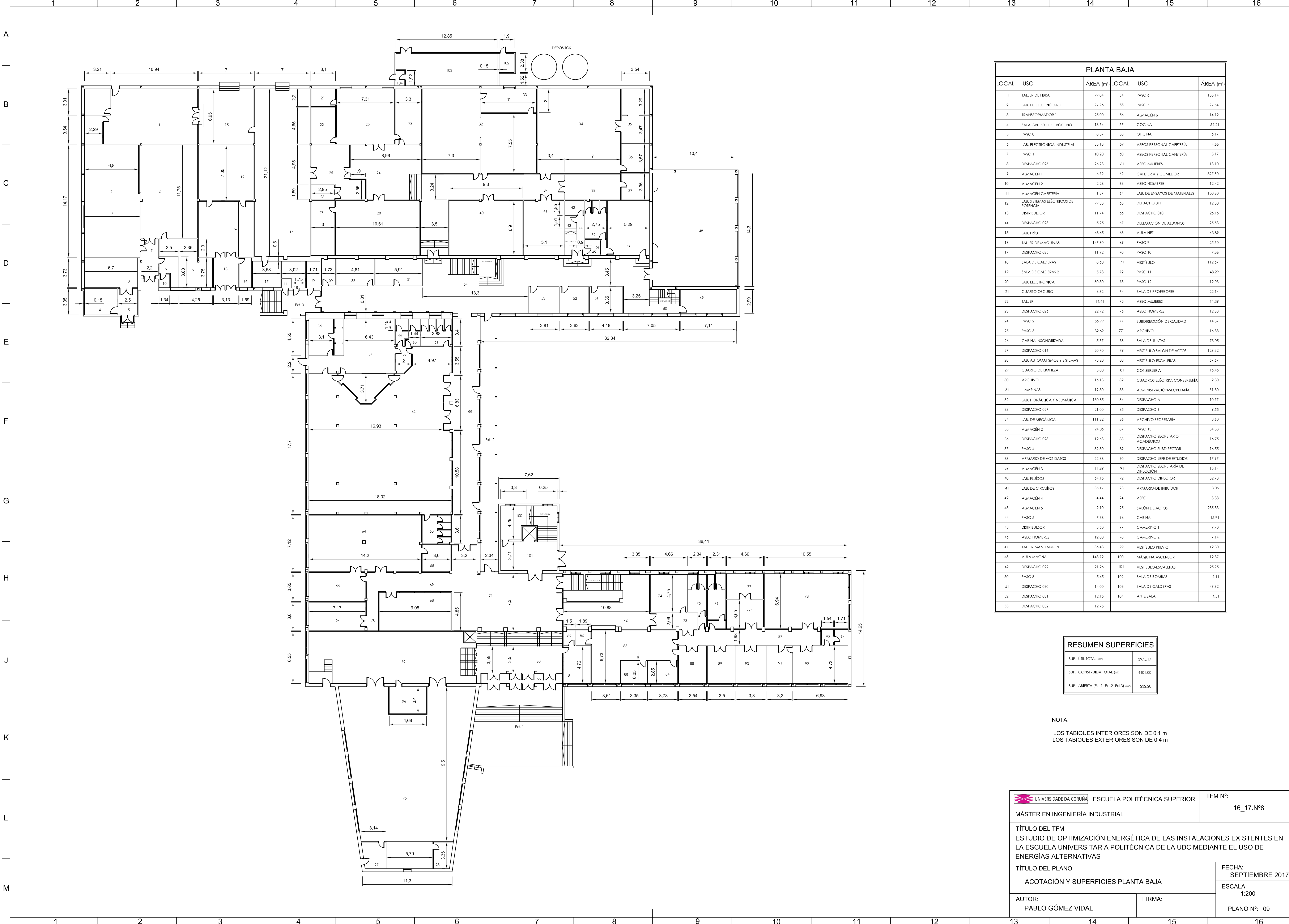


PLANTA SÓTANO		
LOCAL	USO	ÁREA (m²)
1	SALA BOMBAS DE C.I.	96,19
2	ARMARIO VOZ.DATOS	13,21
3	PASO 1	44,75
3A	PASO 2	54,25
4	REPROGRAFÍA	30,89
5	DESPACHO 001	13,75
6	ASEO MUJERES	8,53
7	ASEO HOMBRES	7,65
8	DESPACHO 002	14,27
9	DESPACHO 003	14,58
10	DESPACHO 004	15,23
11	ALMACÉN 1	46,90
12	ALMACÉN 2	21,88
13	ALMACÉN 3	24,33
14	AULA 01	75,59
15	AULA DE MEDIOS AUDIOVISUALES	88,50
16	DESPACHO 00a	25,48
17	DESPACHO 005	11,50
18	DESPACHO 00b	10,68
19	ALMACÉN 4	7,00
20	ALMACÉN 5	2,31

RESUMEN SUPERFICIES	
SUP. ÚTIL TOTAL (m²)	627,47
SUP. CONSTRUIDA TOTAL (m²)	714,27
SUP. ABIERTA (PORCHE) (m²)	21,95

NOTA:
LOS TABIQUES INTERIORES SON DE 0.1 m
LOS TABIQUES EXTERIORES SON DE 0.4 m

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM N°:
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL			16_17.Nº8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS			
TÍTULO DEL PLANO: ACOTACIÓN Y SUPERFICIES PLANTA SÓTANO			FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		FIRMA:	ESCALA: 1:200
			PLANO N°: 08

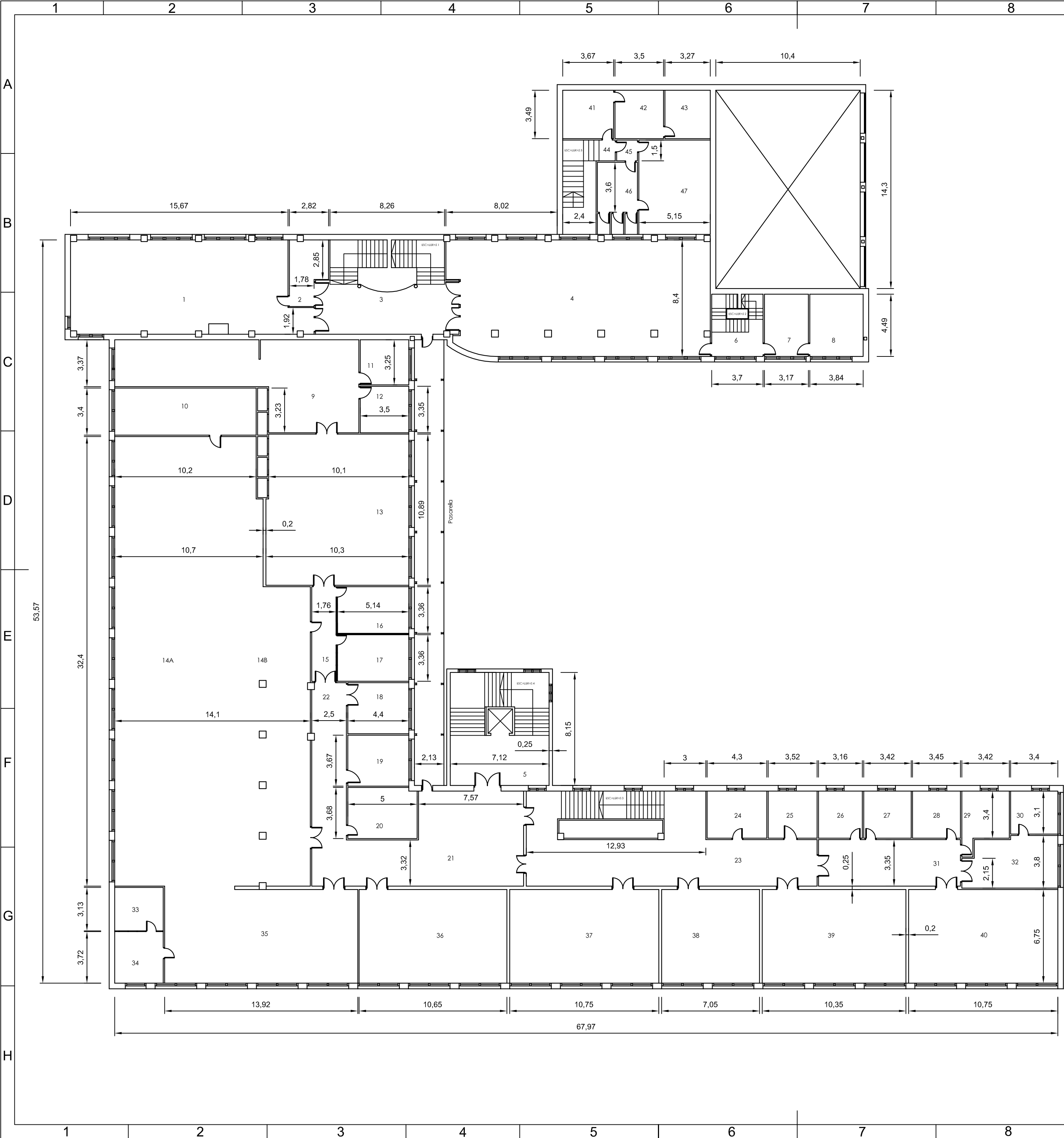


PLANTA BAJA					
LOCAL	USO	ÁREA (m²)	LOCAL	USO	ÁREA (m²)
1	TALLER DE FIBRA	99.04	54	PASO 6	185.14
2	LAB. DE ELECTRICIDAD	97.96	55	PASO 7	97.54
3	TRANSFORMADOR 1	25.00	56	ALMACÉN 6	14.12
4	SALA GRUPO ELECTROGENO	13.74	57	COCINA	52.21
5	PASO 0	8.37	58	OFICINA	6.17
6	LAB. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	85.18	59	ASEOS PERSONAL CAFETERIA	4.66
7	PASO 1	10.20	60	ASEOS PERSONAL CAFETERIA	5.17
8	DESPACHO 025	26.93	61	ASEO MUJERES	13.10
9	ALMACÉN 1	6.72	62	CAFETERIA Y COMEDOR	327.50
10	ALMACÉN 2	2.28	63	ASEO HOMBRES	12.42
11	ALMACÉN CAFETERIA	1.37	64	LAB. DE ENSAYOS DE MATERIALES	100.80
12	LAB. SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	99.33	65	DEPACHO 011	12.30
13	DISTRIBUIDOR	11.74	66	DESPACHO 010	26.16
14	DESPACHO 023	5.95	67	DELEGACIÓN DE ALUMINOS	25.53
15	LAB. FRÍO	48.65	68	AULA NET	43.89
16	TALLER DE MÁQUINAS	147.80	69	PASO 9	25.70
17	DESPACHO 025	11.92	70	PASO 10	7.36
18	SALA DE CALDERAS 1	8.60	71	VESTIBULO	112.67
19	SALA DE CALDERAS 2	5.78	72	PASO 11	48.29
20	LAB. ELECTRÓNICA I	50.80	73	PASO 12	12.03
21	CUARTO OSCURO	6.82	74	SALA DE PROFESORES	22.14
22	TALLER	14.41	75	ASEO MUJERES	11.39
23	DESPACHO 026	22.92	76	ASEO HOMBRES	12.83
24	PASO 2	56.99	77	SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD	14.87
25	PASO 3	32.69	77	ARCHIVO	16.88
26	CABINA INSONORIZADA	5.57	78	SALA DE JUNTAS	73.05
27	DESPACHO 016	20.70	79	VESTIBULO SALÓN DE ACTOS	129.32
28	LAB. AUTOMATISMOS Y SISTEMAS	73.20	80	VESTIBULO-ESCALERAS	57.67
29	CUARTO DE LIMPIEZA	5.80	81	CONSERJERIA	16.46
30	ARCHIVO	16.13	82	CUADROS ELÉCTRIC. CONSERJERIA	2.80
31	I. MARINAS	19.80	83	ADMINISTRACIÓN-SECRETARIA	51.80
32	LAB. HIDRAULICA Y NEUMÁTICA	130.85	84	DESPACHO A	10.77
33	DESPACHO 027	21.00	85	DESPACHO B	9.55
34	LAB. DE MECÁNICA	111.82	86	ARCHIVO SECRETARIA	3.60
35	ALMACÉN 2	24.06	87	PASO 13	34.83
36	DESPACHO 028	12.63	88	DESPACHO SECRETARIO ACADÉMICO	16.75
37	PASO 4	82.80	89	DESPACHO SUBDIRECTOR	16.55
38	ARMARIO DE VOZ-DATOS	22.68	90	DESPACHO JEFE DE ESTUDIOS	17.97
39	ALMACÉN 3	11.89	91	DESPACHO SECRETARIA DE DIRECCIÓN	15.14
40	LAB. FLUIDOS	64.15	92	DESPACHO DIRECTOR	32.78
41	LAB. DE CIRCUITOS	35.17	93	ARMARIO-DISTRIBUIDOR	3.05
42	ALMACÉN 4	4.44	94	ASEO	3.38
43	ALMACÉN 5	2.10	95	SALÓN DE ACTOS	285.83
44	PASO 5	7.38	96	CABINA	15.91
45	DISTRIBUIDOR	5.50	97	CAMERINO 1	9.70
46	ASEO HOMBRES	12.80	98	CAMERINO 2	7.14
47	TALLER MANTENIMIENTO	36.48	99	VESTIBULO PREVIO	12.30
48	AULA MAGNA	148.72	100	MÁQUINA ASCENSOR	12.87
49	DESPACHO 029	21.26	101	VESTIBULO-ESCALERAS	25.95
50	PASO 8	5.45	102	SALA DE BOMBAS	2.11
51	DESPACHO 030	14.00	103	SALA DE CALDERAS	49.62
52	DESPACHO 031	12.15	104	ANTE SALA	4.51
53	DESPACHO 032	12.75			

RESUMEN SUPERFICIES	
SUP. ÚTIL TOTAL (m²)	3975.17
SUP. CONSTRUIDA TOTAL (m²)	4401.00
SUP. ABIERTA (Ext.1+Ext.2+Ext.3) (m²)	232.20

NOTA:
LOS TABIQUES INTERIORES SON DE 0,1 m
LOS TABIQUES EXTERIORES SON DE 0,4 m

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM N°:
	MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL	16_17.Nº8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: ACOTACIÓN Y SUPERFICIES PLANTA BAJA		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: 1:200
FIRMA:		PLANO N°: 09

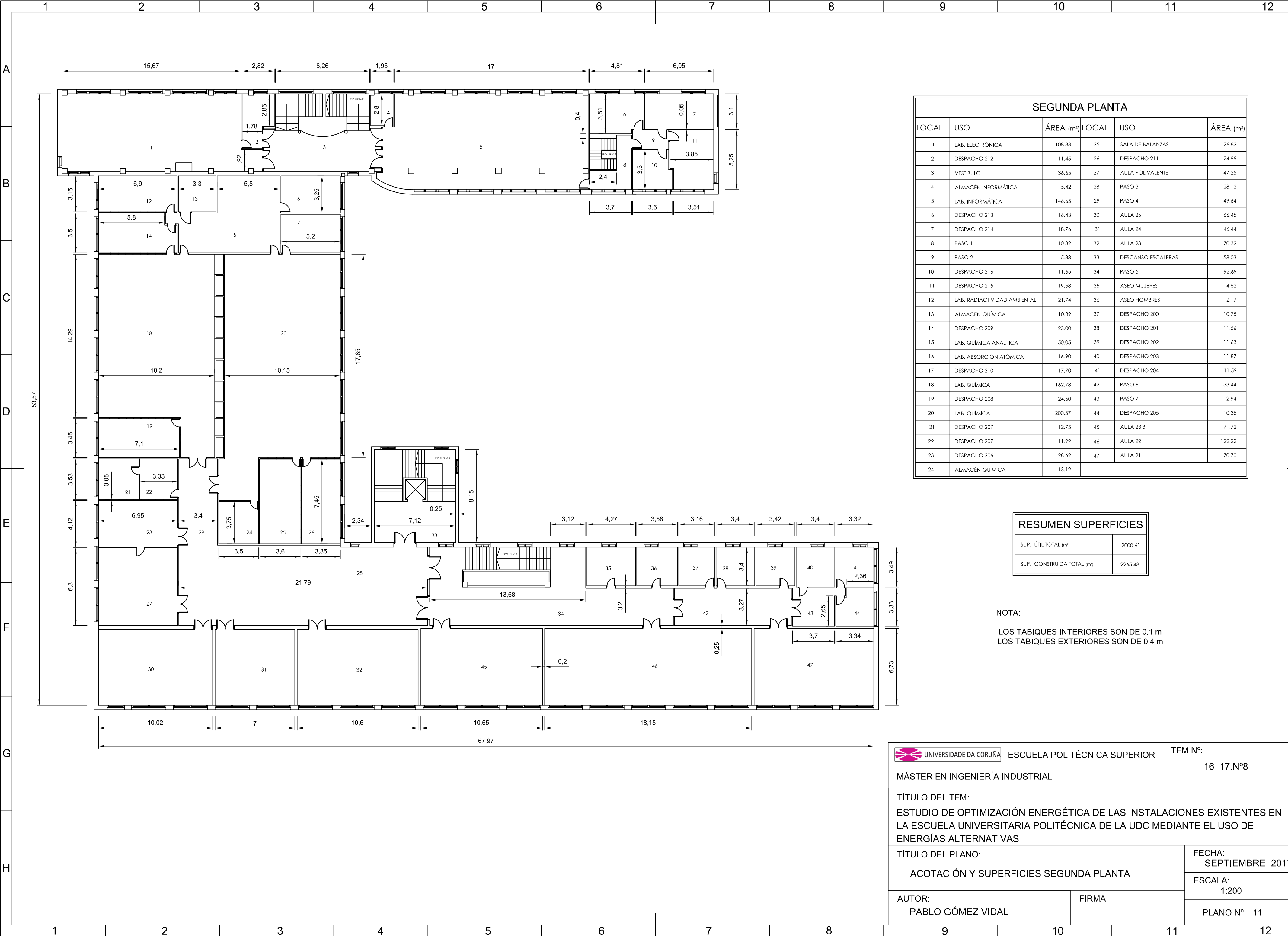


PRIMERA PLANTA					
LOCAL	USO	ÁREA (m²)	LOCAL	USO	ÁREA (m²)
1	LAB. DE AUTOMATIZACIÓN	108.33	24	ASEO MUJERES	14.62
2	DESPACHO 111	11.45	25	ASEO HOMBRES	11.97
3	PASO 1	37.73	26	DESPACHO 100	10.75
4	AULA 16	152.43	27	DESPACHO 101	11.63
5	DESCANSO ESCALERAS	58.03	28	DESPACHO 102	11.73
6	PASO 2	7.44	29	DESPACHO 103	12.71
7	DESPACHO 112	14.23	30	DESPACHO A	10.54
8	ALMACÉN INFORMÁTICA	17.25	31	PASO 7	34.27
9	LAB. DE POLÍMEROS	83.45	32	SALA DE REUNIONES	23.67
10	ALMACÉN-BIBLIOTECA	34.68	33	DESPACHO AYUDANTE BIBLIOTECA	10.95
11	DESPACHO 104	11.37	34	DESPACHO DIRECCIÓN BIBLIOTECA	13.02
12	DESPACHO 105	11.73	35	HEMEROTECA	95.64
13	LAB. DE FÍSICA	114.53	36	AULA 14	71.89
14A	BIBLIOTECA (ZONA ESTUDIO)	249.48	37	AULA 13 B	72.56
14B	BIBLIOTECA (ZONA ESTANTERÍAS)	167.93	38	AULA 13	47.59
15	PASO 3	12.00	39	AULA 12	69.86
16	DESPACHO 106	17.40	40	AULA 11	72.56
17	DESPACHO 107	17.27	41	RADIO 1	12.80
18	DESPACHO 108	16.21	42	RADIO 2	12.20
19	DESPACHO 109	16.15	43	RADIO 3	11.40
20	ALMACÉN-BIBLIOTECA	18.25	44	PASO 8	1.75
21	PASO 5	69.13	45	PASO 9	2.25
22	PASO 4	36.45	46	ASEOS MUJERES	15.00
23	PASO 6	89.14	47	VESTUARIO PERSONAL DE LIMPIEZA	35.00

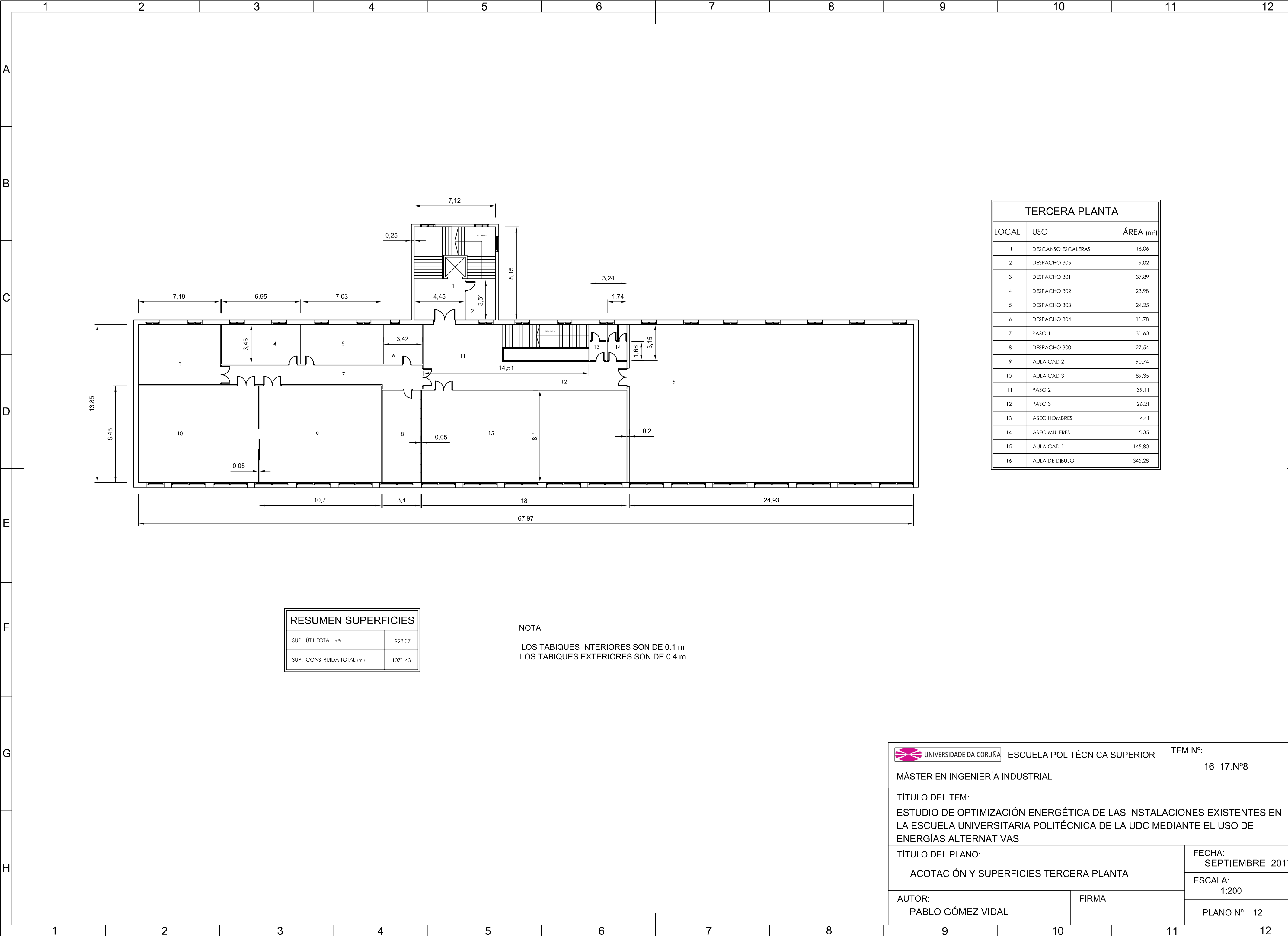
RESUMEN SUPERFICIES	
SUP. ÚTIL TOTAL (m²)	2058.42
SUP. CONSTRUIDA TOTAL (m²)	2504.55
SUP. ABIERTA (PASARELA) (m²)	76.16

NOTA:
LOS TABIQUES INTERIORES SON DE 0.1 m
LOS TABIQUES EXTERIORES SON DE 0.4 m

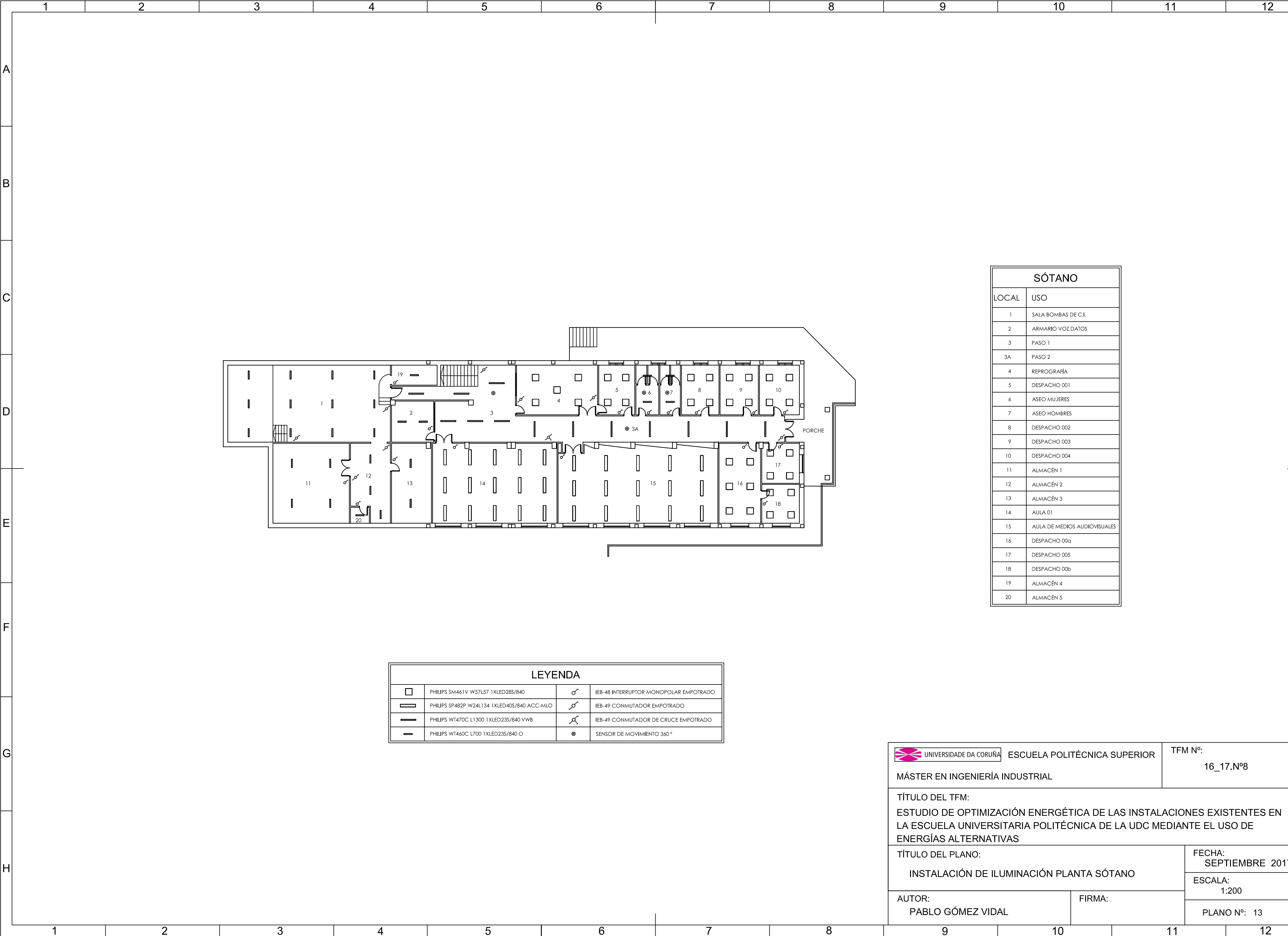
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM Nº: 16_17.Nº8
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL			
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS			
TÍTULO DEL PLANO: ACOTACIÓN Y SUPERFICIES PRIMERA PLANTA			FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL			ESCALA: 1:200
FIRMA:			PLANO Nº: 10



 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM Nº: 16_17.Nº8
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL		
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: ACOTACIÓN Y SUPERFICIES SEGUNDA PLANTA		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: 1:200
FIRMA:		PLANO Nº: 11



<div><div> UNIVERSIDADE DA CORUÑA</div><div>ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR</div></div>		TFM N°:
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL		16_17.Nº8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: ACOTACIÓN Y SUPERFICIES TERCERA PLANTA		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: 1:200
FIRMA:		PLANO N°: 12



SÓTANO	
LOCAL	USO
1	SALA BOMBAS DE C.I.
2	ARMARIO VOZ.DATOS
3	PASO 1
3A	PASO 2
4	REPROGRAFÍA
5	DESPACHO 001
6	ASEO MUJERES
7	ASEO HOMBRES
8	DESPACHO 002
9	DESPACHO 003
10	DESPACHO 004
11	ALMACÉN 1
12	ALMACÉN 2
13	ALMACÉN 3
14	AULA 01
15	AULA DE MEDIOS AUDIOVISUALES
16	DESPACHO 00a
17	DESPACHO 005
18	DESPACHO 00b
19	ALMACÉN 4
20	ALMACÉN 5

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TFM N°:
16_17.Nº8

TÍTULO DEL TFM:
ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

TÍTULO DEL PLANO:
INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN PLANTA SÓTANO

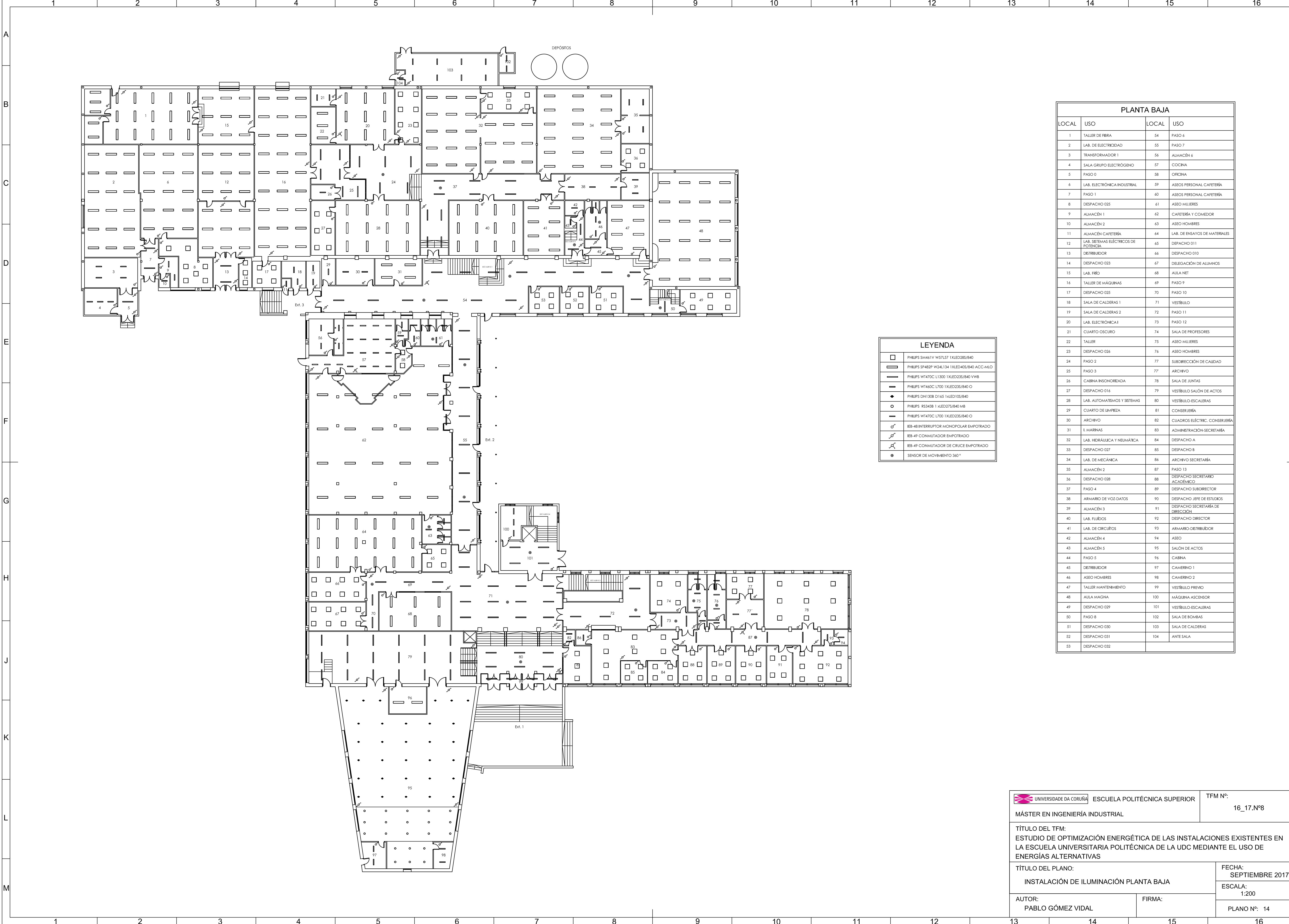
AUTOR:
PABLO GÓMEZ VIDAL

FIRMA:

FECHA:
SEPTIEMBRE 2017

ESCALA:
1:200

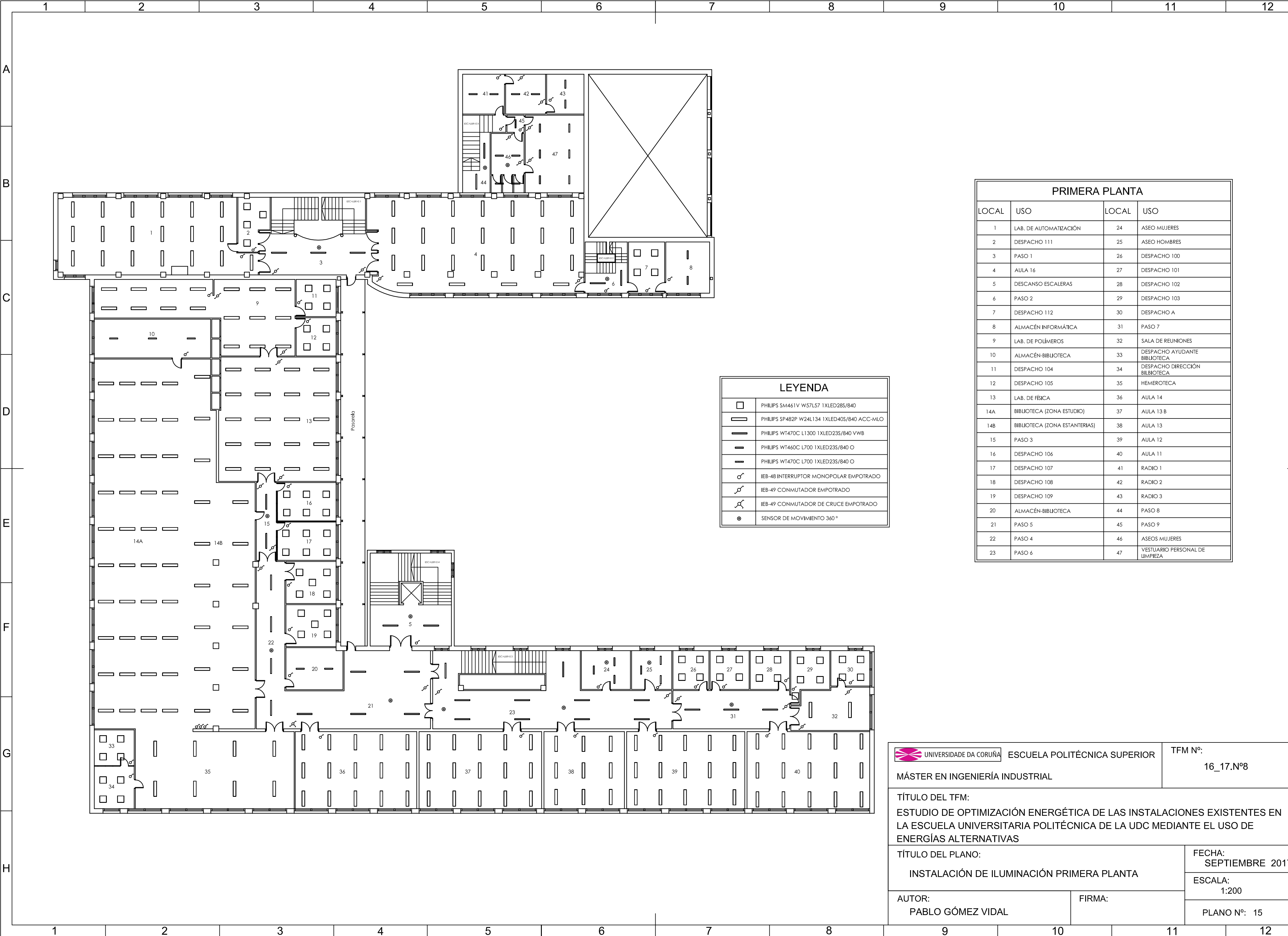
PLANO N°: 13



PLANTA BAJA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	TALLER DE FIBRA	54	PASO 6
2	LAB. DE ELECTRICIDAD	55	PASO 7
3	TRANSFORMADOR 1	56	ALMACÉN 6
4	SALA GRUPO ELECTRÓGENO	57	COCINA
5	PASO 0	58	OFICINA
6	LAB. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	59	ASEOS PERSONAL CAFETERÍA
7	PASO 1	60	ASEOS PERSONAL CAFETERÍA
8	DESPACHO 025	61	ASEO MUJERES
9	ALMACÉN 1	62	CAFETERÍA Y COMEDOR
10	ALMACÉN 2	63	ASEO HOMBRES
11	ALMACÉN CAFETERÍA	64	LAB. DE ENSAYOS DE MATERIALES
12	LAB. SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA	65	DEPACHO 011
13	DISTRIBUIDOR	66	DESPACHO 010
14	DESPACHO 023	67	DELEGACIÓN DE ALUMNOS
15	LAB. FRÍO	68	AULA NET
16	TALLER DE MÁQUINAS	69	PASO 9
17	DESPACHO 025	70	PASO 10
18	SALA DE CALDERAS 1	71	VESTIBULO
19	SALA DE CALDERAS 2	72	PASO 11
20	LAB. ELECTRÓNICA 1	73	PASO 12
21	CUARTO OSCURO	74	SALA DE PROFESORES
22	TALLER	75	ASEO MUJERES
23	DESPACHO 026	76	ASEO HOMBRES
24	PASO 2	77	SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD
25	PASO 3	77	ARCHIVO
26	CABINA INSONORIZADA	78	SALA DE JUNTAS
27	DESPACHO 016	79	VESTIBULO SALÓN DE ACTOS
28	LAB. AUTOMATISMOS Y SISTEMAS	80	VESTIBULO-ESCALERAS
29	CUARTO DE LIMPIEZA	81	CONSERJERÍA
30	ARCHIVO	82	CUADROS ELÉCTRIC. CONSERJERÍA
31	L. MARINAS	83	ADMINISTRACIÓN-SECRETARÍA
32	LAB. HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA	84	DESPACHO A
33	DESPACHO 027	85	DESPACHO B
34	LAB. DE MECÁNICA	86	ARCHIVO SECRETARÍA
35	ALMACÉN 2	87	PASO 13
36	DESPACHO 028	88	DESPACHO SECRETARIO ACADÉMICO
37	PASO 4	89	DESPACHO SUBDIRECTOR
38	ARMARIO DE VOZ-DATOS	90	DESPACHO JEFE DE ESTUDIOS
39	ALMACÉN 3	91	DESPACHO SECRETARÍA DE DIRECCIÓN
40	LAB. FLUIDOS	92	DESPACHO DIRECTOR
41	LAB. DE CIRCUITOS	93	ARMARIO-DISTRIBUIDOR
42	ALMACÉN 4	94	ASEO
43	ALMACÉN 5	95	SALÓN DE ACTOS
44	PASO 5	96	CABINA
45	DISTRIBUIDOR	97	CAMERINO 1
46	ASEO HOMBRES	98	CAMERINO 2
47	TALLER MANTENIMIENTO	99	VESTIBULO PREVIO
48	AULA MAGNA	100	MÁQUINA ASCENSOR
49	DESPACHO 029	101	VESTIBULO-ESCALERAS
50	PASO 8	102	SALA DE BOMBAS
51	DESPACHO 030	103	SALA DE CALDERAS
52	DESPACHO 031	104	ANTE SALA
53	DESPACHO 032		

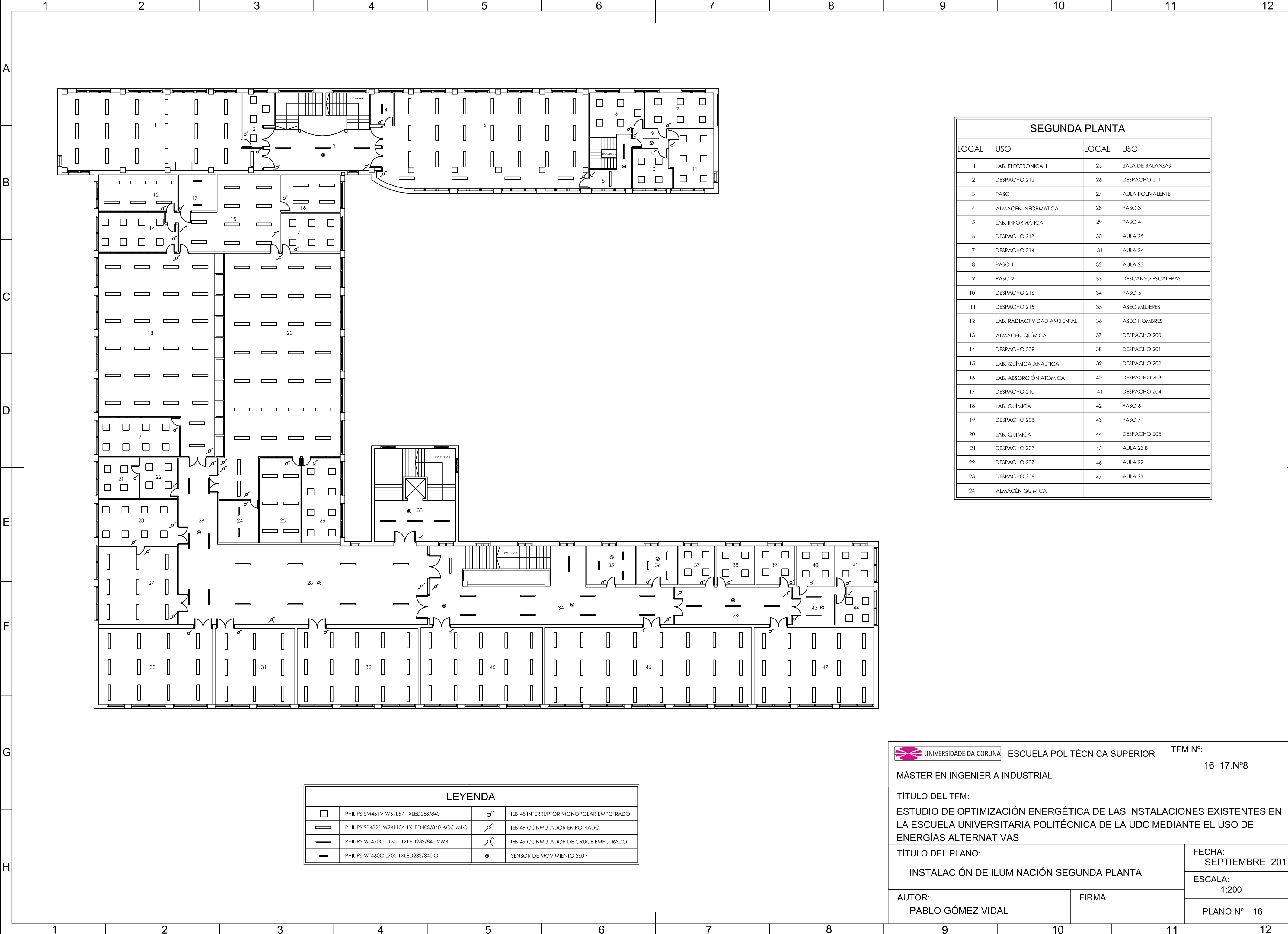
LEYENDA	
	PHILIPS SM461V WS7LS7 1xLED28S/B40
	PHILIPS SP482P W24L134 1xLED40S/B40 ACC-MLO
	PHILIPS WT470C L1300 1xLED23S/B40 VWB
	PHILIPS WT460C L700 1xLED23S/B40 O
	PHILIPS DN130B D165 1xLED10S/B40
	PHILIPS RS343B 1xLED27S/B40 MB
	PHILIPS WT470C L700 1xLED23S/B40 O
	IEB-48 INTERRUPTOR MONOPOLAR EMPOTRADO
	IEB-49 CONMUTADOR EMPOTRADO
	IEB-49 CONMUTADOR DE CRUCE EMPOTRADO
	SENSOR DE MOVIMIENTO 360°

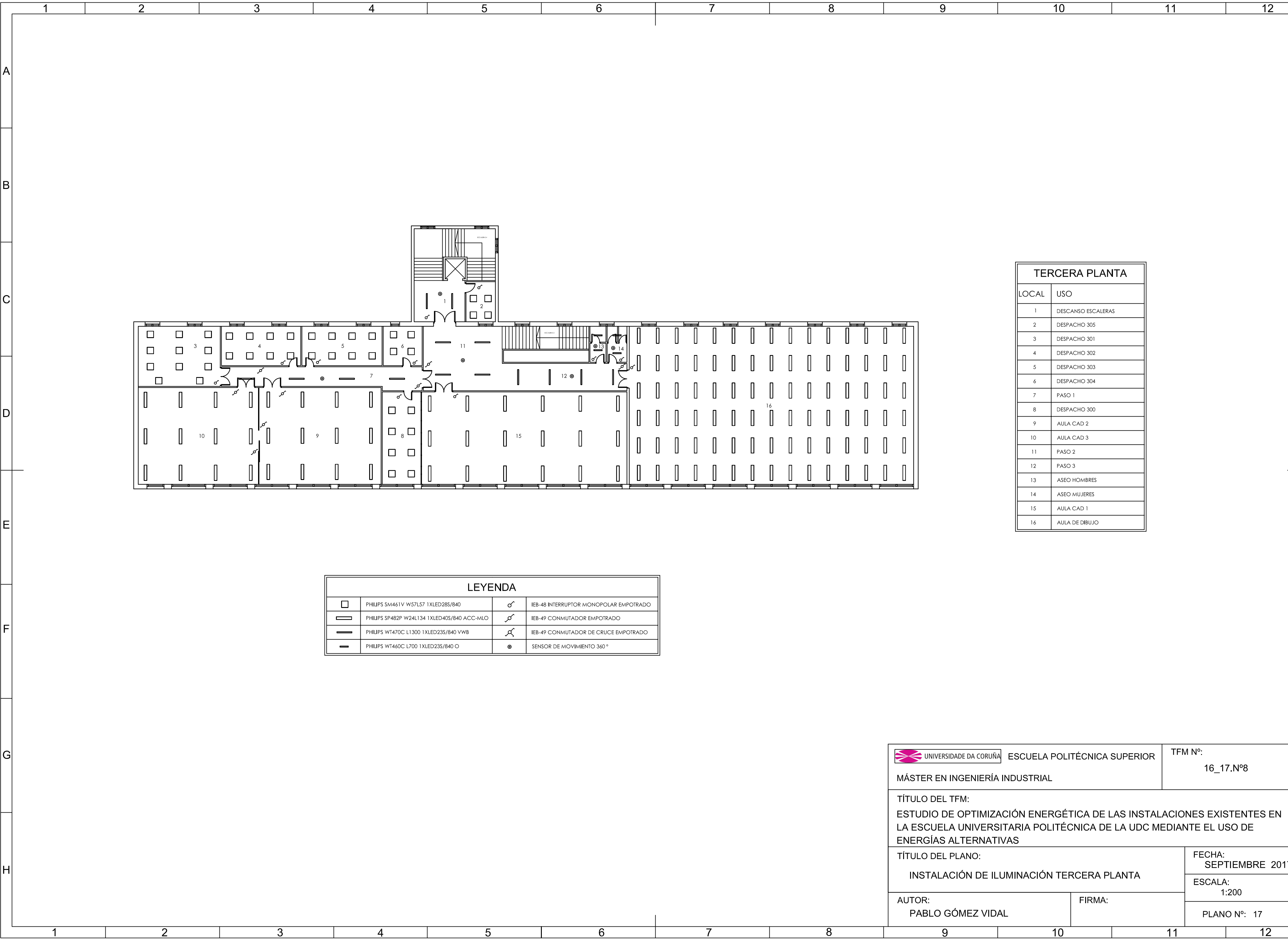
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM N°:
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL			16_17.Nº8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS			
TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN PLANTA BAJA			FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL			ESCALA: 1:200
FIRMA:			PLANO N°: 14



PRIMERA PLANTA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	LAB. DE AUTOMATIZACIÓN	24	ASEO MUJERES
2	DESPACHO 111	25	ASEO HOMBRES
3	PASO 1	26	DESPACHO 100
4	AULA 16	27	DESPACHO 101
5	DESCANSO ESCALERAS	28	DESPACHO 102
6	PASO 2	29	DESPACHO 103
7	DESPACHO 112	30	DESPACHO A
8	ALMACÉN INFORMÁTICA	31	PASO 7
9	LAB. DE POLÍMEROS	32	SALA DE REUNIONES
10	ALMACÉN-BIBLIOTECA	33	DESPACHO AYUDANTE BIBLIOTECA
11	DESPACHO 104	34	DESPACHO DIRECCIÓN BLBIOTECA
12	DESPACHO 105	35	HEMEROTECA
13	LAB. DE FÍSICA	36	AULA 14
14A	BIBLIOTECA (ZONA ESTUDIO)	37	AULA 13 B
14B	BIBLIOTECA (ZONA ESTANTERIAS)	38	AULA 13
15	PASO 3	39	AULA 12
16	DESPACHO 106	40	AULA 11
17	DESPACHO 107	41	RADIO 1
18	DESPACHO 108	42	RADIO 2
19	DESPACHO 109	43	RADIO 3
20	ALMACÉN-BIBLIOTECA	44	PASO 8
21	PASO 5	45	PASO 9
22	PASO 4	46	ASEOS MUJERES
23	PASO 6	47	VESTUARIO PERSONAL DE LIMPIEZA

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM N°: 16_17.Nº8
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL		
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN PRIMERA PLANTA		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: 1:200
FIRMA:		PLANO N°: 15

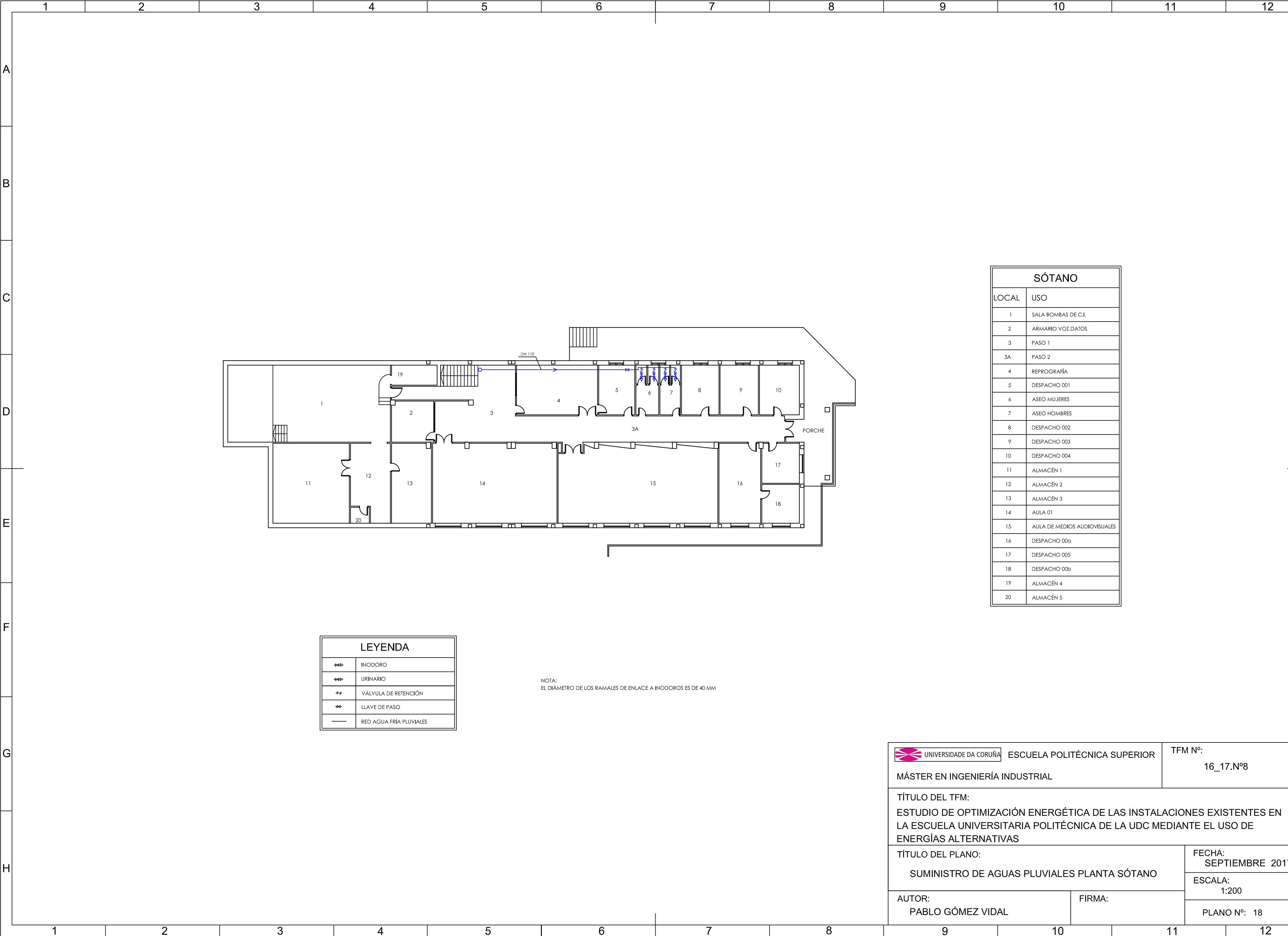




TERCERA PLANTA	
LOCAL	USO
1	DESCANSO ESCALERAS
2	DESPACHO 305
3	DESPACHO 301
4	DESPACHO 302
5	DESPACHO 303
6	DESPACHO 304
7	PASO 1
8	DESPACHO 300
9	AULA CAD 2
10	AULA CAD 3
11	PASO 2
12	PASO 3
13	ASEO HOMBRES
14	ASEO MUJERES
15	AULA CAD 1
16	AULA DE DIBUJO

LEYENDA			
	PHILIPS SM461V W57L57 1XLED28S/840		IEB-48 INTERRUPTOR MONOPOLAR EMPOTRADO
	PHILIPS SP482P W24L134 1XLED40S/840 ACC-MLO		IEB-49 CONMUTADOR EMPOTRADO
	PHILIPS WT470C L1300 1XLED23S/840 VWB		IEB-49 CONMUTADOR DE CRUCE EMPOTRADO
	PHILIPS WT460C L700 1XLED23S/840 O		SENSOR DE MOVIMIENTO 360 °

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°: 16_17.Nº8	
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL					
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS					
TÍTULO DEL PLANO: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN TERCERA PLANTA				FECHA: SEPTIEMBRE 2017	
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL				ESCALA: 1:200	
				PLANO N°: 17	
FIRMA:					

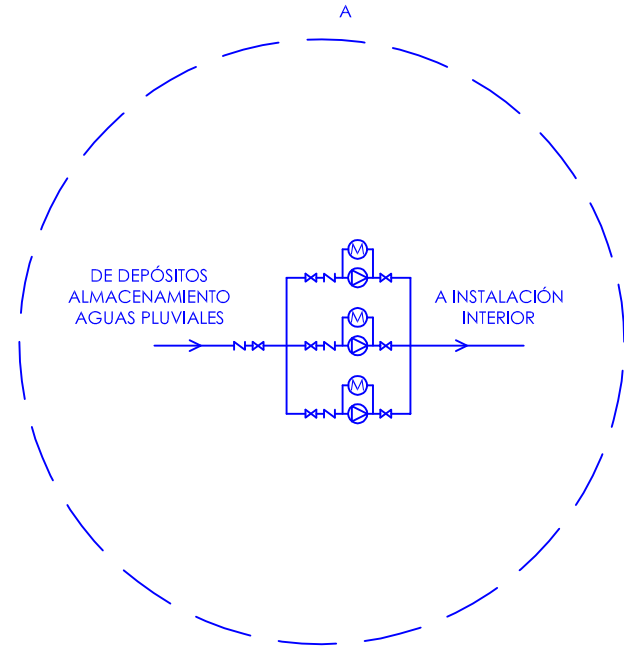
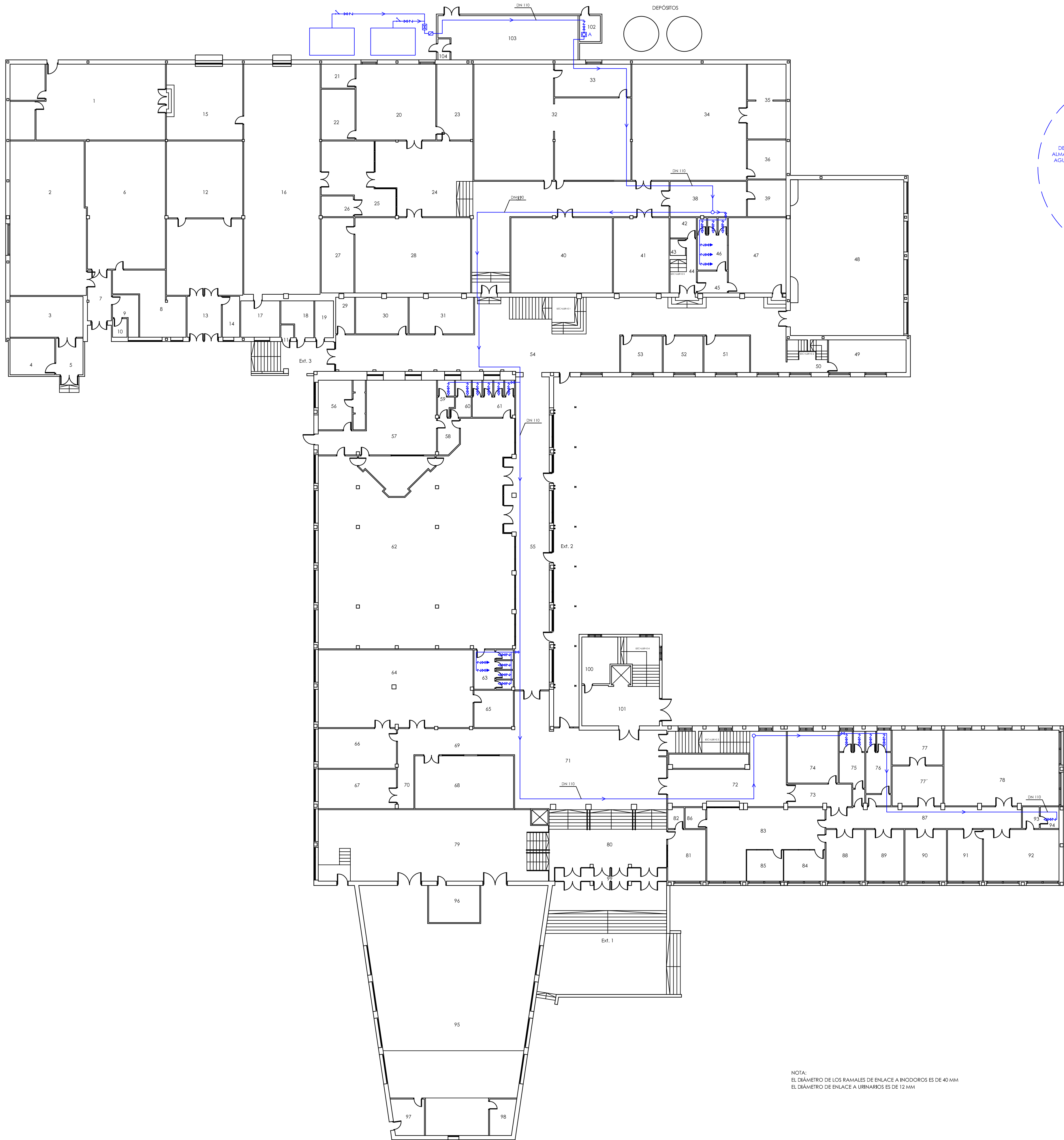


SÓTANO	
LOCAL	USO
1	SALA BOMBAS DE C.I.
2	ARMARIO VOZ.DATOS
3	PASO 1
3A	PASO 2
4	REPROGRAFÍA
5	DESPACHO 001
6	ASEO MUJERES
7	ASEO HOMBRES
8	DESPACHO 002
9	DESPACHO 003
10	DESPACHO 004
11	ALMACÉN 1
12	ALMACÉN 2
13	ALMACÉN 3
14	AULA 01
15	AULA DE MEDIOS AUDIOVISUALES
16	DESPACHO 00a
17	DESPACHO 005
18	DESPACHO 00b
19	ALMACÉN 4
20	ALMACÉN 5

LEYENDA	
	INODORO
	URINARIO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	LLAVE DE PASO
	RED AGUA FRÍA PLUVIALES

NOTA:
EL DIÁMETRO DE LOS RAMALES DE ENLACE A INODOROS ES DE 40 MM

UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°: 16_17.Nº8
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL		
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES PLANTA SÓTANO		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: 1:200
FIRMA:		PLANO N°: 18

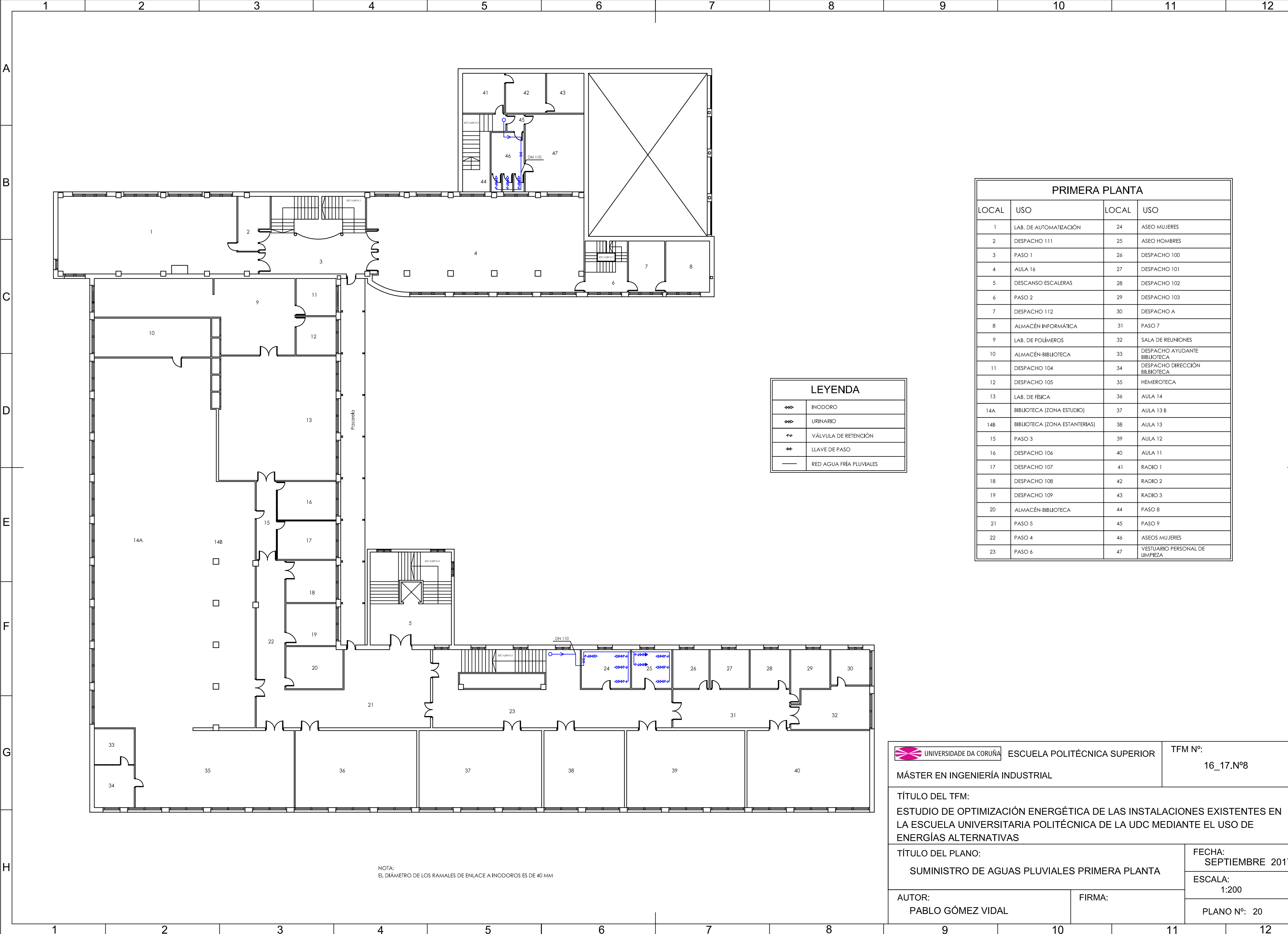


LEYENDA	
+	INODORO
+	URINARIO
+	VÁLVULA DE RETENCIÓN
+	LLAVE DE PASO
—	RED AGUA FRÍA PLUVIALES
☐	A - GRUPO DE PRESIÓN
☐	DEPÓSITO AGUA PLUVIAL 20.000 l
—	FILTRO
+	LLAVE DE PASO GENERAL
⊙	MANÓMETRO
⊙	BOMBA DE IMPULSIÓN
⊙	CONTADOR DE AGUA

PLANTA BAJA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	TALLER DE FIBRA	54	PASO 6
2	LAB. DE ELECTRICIDAD	55	PASO 7
3	TRANSFORMADOR 1	56	ALMACÉN 6
4	SALA GRUPO ELECTROGENO	57	COCINA
5	PASO 0	58	OFICINA
6	LAB. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL	59	ASEOS PERSONAL CAFETERÍA
7	PASO 1	60	ASEOS PERSONAL CAFETERÍA
8	DESPACHO 025	61	ASEO MUJERES
9	ALMACÉN 1	62	CAFETERÍA Y COMEDOR
10	ALMACÉN 2	63	ASEO HOMBRES
11	ALMACÉN CAFETERÍA	64	LAB. DE ENSAYOS DE MATERIALES
12	LAB. SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA	65	DEPACHO 011
13	DISTRIBUIDOR	66	DESPACHO 010
14	DESPACHO 023	67	DELEGACIÓN DE ALUMNOS
15	LAB. FRÍO	68	AULA NET
16	TALLER DE MÁQUINAS	69	PASO 9
17	DESPACHO 025	70	PASO 10
18	SALA DE CALDERAS 1	71	VESTIBULO
19	SALA DE CALDERAS 2	72	PASO 11
20	LAB. ELECTRÓNICA 1	73	PASO 12
21	CUARTO OSCURO	74	SALA DE PROFESORES
22	TALLER	75	ASEO MUJERES
23	DESPACHO 026	76	ASEO HOMBRES
24	PASO 2	77	SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD
25	PASO 3	77	ARCHIVO
26	CABINA INSONORIZADA	78	SALA DE JUNTAS
27	DESPACHO 016	79	VESTIBULO SALÓN DE ACTOS
28	LAB. AUTOMATISMOS Y SISTEMAS	80	VESTIBULO-ESCALERAS
29	CUARTO DE LIMPIEZA	81	CONSERJERÍA
30	ARCHIVO	82	CUADROS ELÉCTRIC. CONSERJERÍA
31	I. MARINAS	83	ADMINISTRACIÓN-SECRETARÍA
32	LAB. HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA	84	DESPACHO A
33	DESPACHO 027	85	DESPACHO B
34	LAB. DE MECÁNICA	86	ARCHIVO SECRETARÍA
35	ALMACÉN 2	87	PASO 13
36	DESPACHO 028	88	DESPACHO SECRETARIO ACADÉMICO
37	PASO 4	89	DESPACHO SUBDIRECTOR
38	ARMARIO DE VOZ-DATOS	90	DESPACHO JEFE DE ESTUDIOS
39	ALMACÉN 3	91	DESPACHO SECRETARIA DE DIRECCIÓN
40	LAB. FLUIDOS	92	DESPACHO DIRECTOR
41	LAB. DE CIRCUITOS	93	ARMARIO-DISTRIBUIDOR
42	ALMACÉN 4	94	ASEO
43	ALMACÉN 5	95	SALÓN DE ACTOS
44	PASO 5	96	CABINA
45	DISTRIBUIDOR	97	CAMERINO 1
46	ASEO HOMBRES	98	CAMERINO 2
47	TALLER MANTENIMIENTO	99	VESTIBULO PREVIO
48	AULA MAGNA	100	MÁQUINA ASCENSOR
49	DESPACHO 029	101	VESTIBULO-ESCALERAS
50	PASO 8	102	SALA DE BOMBAS
51	DESPACHO 030	103	SALA DE CALDERAS
52	DESPACHO 031	104	ANTE SALA
53	DESPACHO 032		

NOTA:
EL DIÁMETRO DE LOS RAMALES DE ENLACE A INODOROS ES DE 40 MM
EL DIÁMETRO DE ENLACE A URINARIOS ES DE 12 MM

UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°:
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL		16_17.Nº8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES PLANTA BAJA		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: 1:200
FIRMA:		PLANO N°: 19



PRIMERA PLANTA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	LAB. DE AUTOMATIZACIÓN	24	ASEO MUJERES
2	DESPACHO 111	25	ASEO HOMBRES
3	PASO 1	26	DESPACHO 100
4	AULA 16	27	DESPACHO 101
5	DESCANSO ESCALERAS	28	DESPACHO 102
6	PASO 2	29	DESPACHO 103
7	DESPACHO 112	30	DESPACHO A
8	ALMACÉN INFORMÁTICA	31	PASO 7
9	LAB. DE POLÍMEROS	32	SALA DE REUNIONES
10	ALMACÉN-BIBLIOTECA	33	DESPACHO AYUDANTE BIBLIOTECA
11	DESPACHO 104	34	DESPACHO DIRECCIÓN BIBLIOTECA
12	DESPACHO 105	35	HEMEROTECA
13	LAB. DE FÍSICA	36	AULA 14
14A	BIBLIOTECA (ZONA ESTUDIO)	37	AULA 13 B
14B	BIBLIOTECA (ZONA ESTANTERIAS)	38	AULA 13
15	PASO 3	39	AULA 12
16	DESPACHO 106	40	AULA 11
17	DESPACHO 107	41	RADIO 1
18	DESPACHO 108	42	RADIO 2
19	DESPACHO 109	43	RADIO 3
20	ALMACÉN-BIBLIOTECA	44	PASO 8
21	PASO 5	45	PASO 9
22	PASO 4	46	ASEOS MUJERES
23	PASO 6	47	VESTUARIO PERSONAL DE LIMPIEZA

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

TFM N°: 16_17.Nº8

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TÍTULO DEL TFM:
ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS

TÍTULO DEL PLANO:
SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES PRIMERA PLANTA

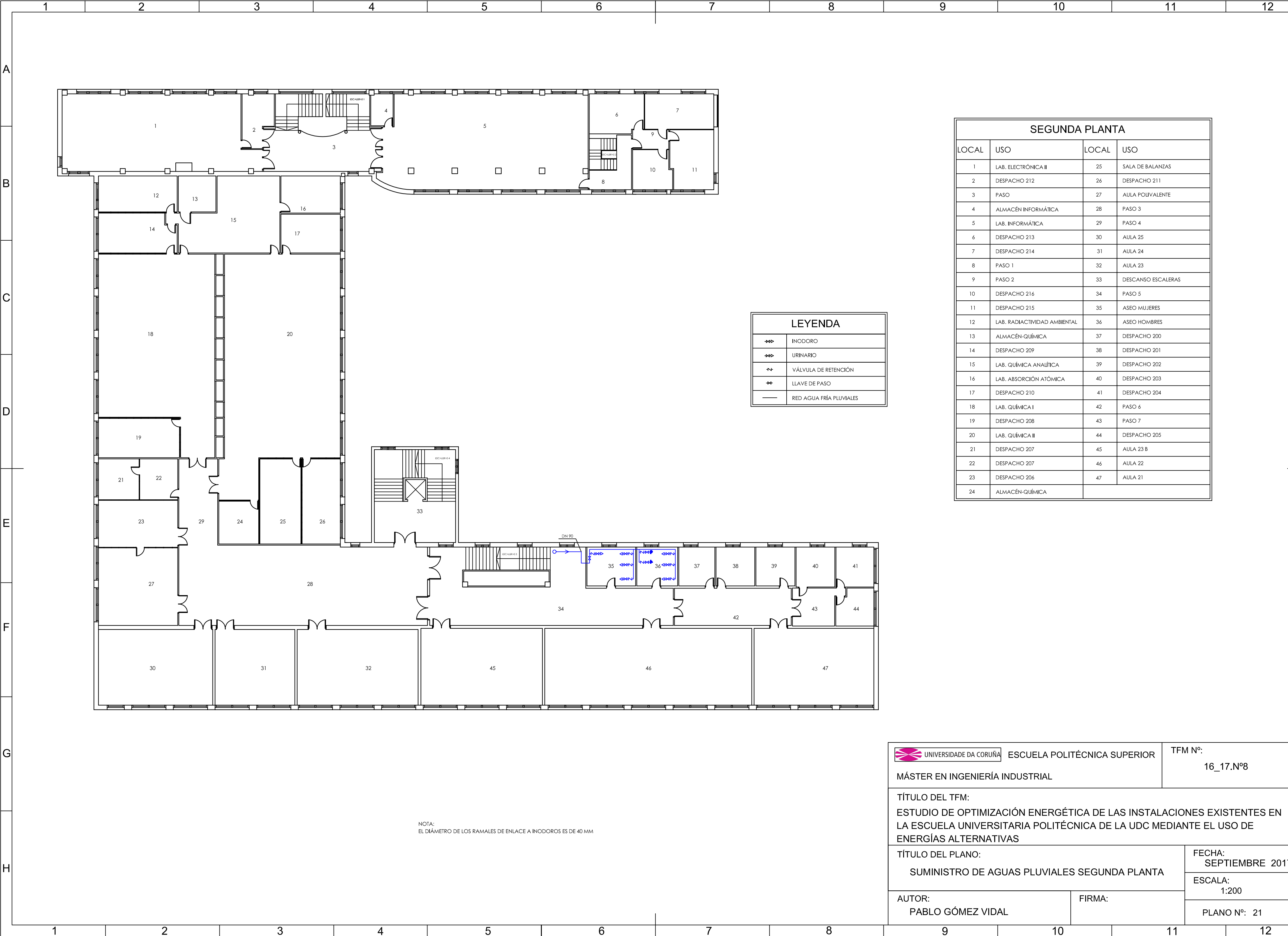
AUTOR:
PABLO GÓMEZ VIDAL

FIRMA:


FECHA:
SEPTIEMBRE 2017

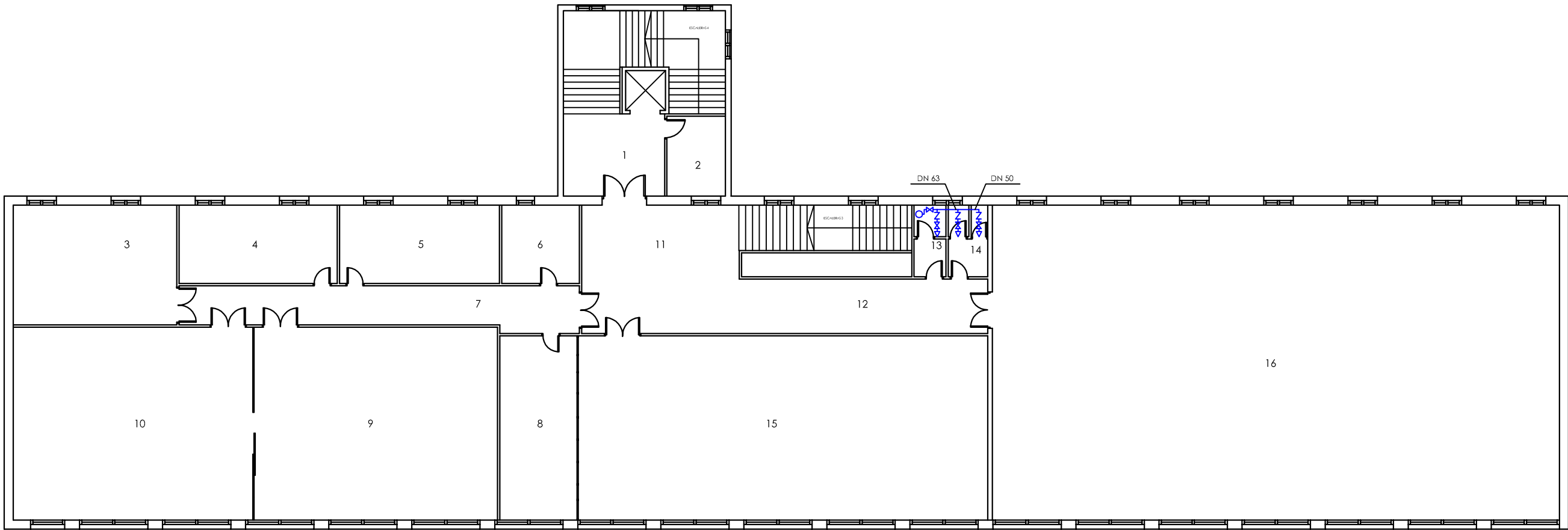
ESCALA:
1:200

PLANO N°: 20



SEGUNDA PLANTA			
LOCAL	USO	LOCAL	USO
1	LAB. ELECTRÓNICA II	25	SALA DE BALANZAS
2	DESPACHO 212	26	DESPACHO 211
3	PASO	27	AULA POLIVALENTE
4	ALMACÉN INFORMÁTICA	28	PASO 3
5	LAB. INFORMÁTICA	29	PASO 4
6	DESPACHO 213	30	AULA 25
7	DESPACHO 214	31	AULA 24
8	PASO 1	32	AULA 23
9	PASO 2	33	DESCANSO ESCALERAS
10	DESPACHO 216	34	PASO 5
11	DESPACHO 215	35	ASEO MUJERES
12	LAB. RADIATIVIDAD AMBIENTAL	36	ASEO HOMBRES
13	ALMACÉN-QUÍMICA	37	DESPACHO 200
14	DESPACHO 209	38	DESPACHO 201
15	LAB. QUÍMICA ANALÍTICA	39	DESPACHO 202
16	LAB. ABSORCIÓN ATÓMICA	40	DESPACHO 203
17	DESPACHO 210	41	DESPACHO 204
18	LAB. QUÍMICA I	42	PASO 6
19	DESPACHO 208	43	PASO 7
20	LAB. QUÍMICA II	44	DESPACHO 205
21	DESPACHO 207	45	AULA 23 B
22	DESPACHO 207	46	AULA 22
23	DESPACHO 206	47	AULA 21
24	ALMACÉN-QUÍMICA		

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR	TFM N°: 16_17.Nº8
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL			
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS			
TÍTULO DEL PLANO: SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES SEGUNDA PLANTA			FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL			ESCALA: 1:200
FIRMA:			PLANO N°: 21



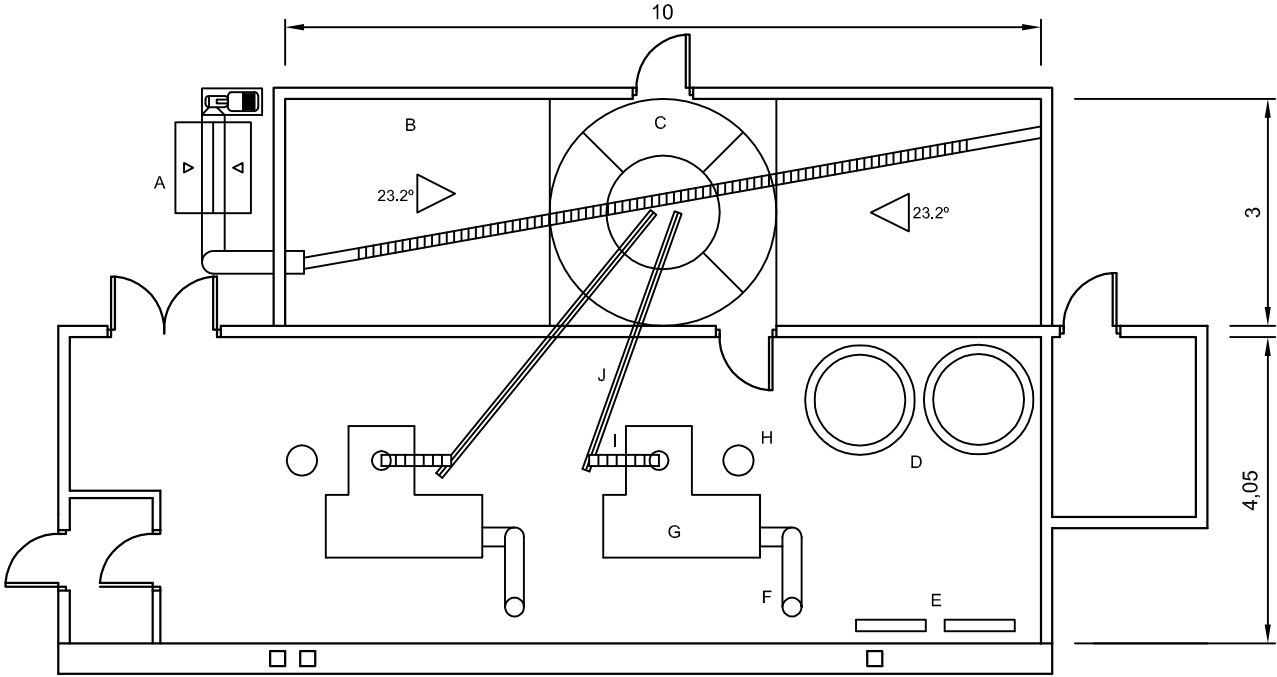
TERCERA PLANTA	
LOCAL	USO
1	DESCANSO ESCALERAS
2	DESPACHO 305
3	DESPACHO 301
4	DESPACHO 302
5	DESPACHO 303
6	DESPACHO 304
7	PASO 1
8	DESPACHO 300
9	AULA CAD 2
10	AULA CAD 3
11	PASO 2
12	PASO 3
13	ASEO HOMBRES
14	ASEO MUJERES
15	AULA CAD 1
16	AULA DE DIBUJO

LEYENDA	
	GRIFO INODORO
	VÁLVULA DE RETENCIÓN
	LLAVE DE PASO
	RED AGUA FRÍA PLUVIALES

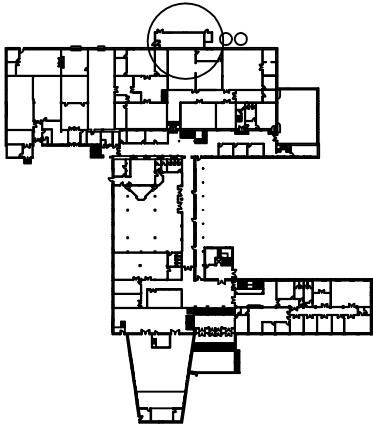
NOTA:
EL DIÁMETRO DE LOS RAMALES DE ENLACE A INODOROS ES DE 40 MM

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°:	
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL				16_17.Nº8	
TÍTULO DEL TFM:					
ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS					
TÍTULO DEL PLANO:				FECHA:	
SUMINISTRO DE AGUAS PLUVIALES TERCERA PLANTA				SEPTIEMBRE 2017	
				ESCALA:	
				1:200	
AUTOR:		FIRMA:		PLANO N°: 22	
PABLO GÓMEZ VIDAL					

LEYENDA	
A	TOLVA DE LLENADO VERTICAL
B	DEPÓSITO ACUMULADOR DE COMBUSTIBLE (ASTILLAS)
C	AGITADOR ROTATIVO DE FONDO (Ø3 m)
D	ACUMULADOR DE INERCIA (3000 l/ud)
E	COLECTORES DE IDA Y DE RETORNO
F	CHIMENEA CALDERA INOX. DOBLE PARED Ø200 mm
G	CALDERA BIOMASA HERZ FIREMATIC 149 (149 kW/ud)
H	VASO DE EXPANSIÓN
I	EXTRACTOR ELEVACIÓN ENTRADA COMBUSTIBLE A CALDERA
J	TORNILLO SINFIN TRANSPORTE COMBUSTIBLE A CALDERA

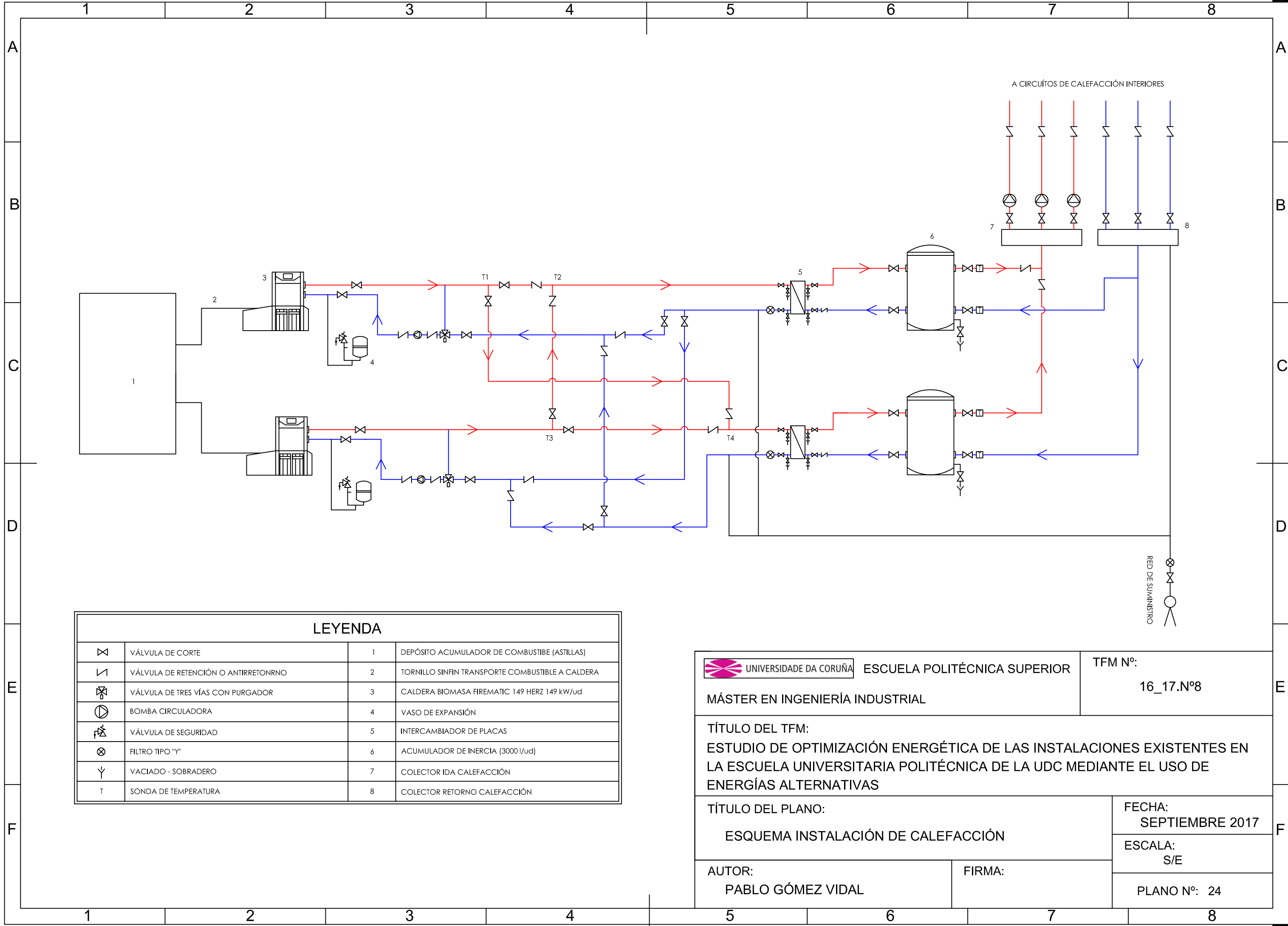


ESCALA 1:100



ESCALA 1:2000

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM N°:
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL		16_17.Nº8
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS		
TÍTULO DEL PLANO: DISTRIBUCIÓN SALA DE CALDERAS		FECHA: SEPTIEMBRE 2017
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		ESCALA: INDICADAS
FIRMA:		PLANO N°: 23



LEYENDA			
	VÁLVULA DE CORTE	1	DEPÓSITO ACUMULADOR DE COMBUSTIBLE (ASTILLAS)
	VÁLVULA DE RETENCIÓN O ANTIRRETORNO	2	TORNILLO SINFIN TRANSPORTE COMBUSTIBLE A CALDERA
	VÁLVULA DE TRES VÍAS CON PURGADOR	3	CALDERA BIOMASA FIREMATIC 149 HERZ 149 kW/ud
	BOMBA CIRCULADORA	4	VASO DE EXPANSIÓN
	VÁLVULA DE SEGURIDAD	5	INTERCAMBIADOR DE PLACAS
	FILTRO TIPO "Y"	6	ACUMULADOR DE INERCIA (3000 l/ud)
	VACIADO - SOBRADERO	7	COLECTOR IDA CALEFACCIÓN
	SONDA DE TEMPERATURA	8	COLECTOR RETORNO CALEFACCIÓN

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA		ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR		TFM Nº: 16_17.Nº8	
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL					
TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS					
TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN				FECHA: SEPTIEMBRE 2017	
				ESCALA: S/E	
AUTOR: PABLO GÓMEZ VIDAL		FIRMA:		PLANO Nº: 24	



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/17**

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

9 PLIEGO DE CONDICIONES.....	161
9.1 Pliego de cláusulas administrativas	161
9.1.1 Disposiciones generales	161
9.1.2 Disposiciones facultativas. Delimitación general de funciones técnicas.	161
9.1.3 Disposiciones facultativas. De las obligaciones y derechos generales del constructor o contratista.....	166
9.1.4 Disposiciones facultativas. Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de edificación.	168
9.1.5 Disposiciones facultativas. Prescripciones generales relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.	170
9.1.6 Disposiciones facultativas. De las recepciones de edificios y obras anejas. .	173
9.1.7 Disposiciones económicas.....	177
9.1.8 Disposiciones económicas. De los precios.	178
9.1.9 Disposiciones económicas. Obras por administración.	180
9.1.10 Disposiciones económicas. Valoración y abono de los trabajos.....	182
9.1.11 Disposiciones económicas. Indemnizaciones mutuas.....	185
9.1.12 Disposiciones económicas. Varios.....	185
9.2 Pliego de condiciones técnicas particulares	187
9.2.1 Prescripción sobre los materiales.	187
9.2.2 Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra y Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado	197

9 PLIEGO DE CONDICIONES

9.1 Pliego de cláusulas administrativas

9.1.1 Disposiciones generales

1. Naturaleza y objeto del pliego general

El presente pliego general de condiciones tiene carácter supletorio del pliego de condiciones particulares del proyecto.

Ambos, como parte del proyecto arquitectónico, tienen por finalidad regular la ejecución de las obras fijando los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según el contrato y con arreglo a la legislación aplicable, al promotor o dueño de la obra, al contratista o constructor de la misma, sus técnicos y encargados, al arquitecto y al aparejador o arquitecto técnico y a los laboratorios y entidades de control de calidad, así como las relaciones entre todos los y sus correspondientes obligaciones en orden al cumplimiento del contrato de obra.

2. Documentación del contrato de obra

Integran el contrato los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o aparente contradicción:

- Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de obra, si existiera.
- El pliego de condiciones particulares.
- El presente pliego general de condiciones.
- El resto de la documentación de proyecto (memoria, planos, mediciones y presupuesto).

En las obras que lo requieran, también formarán parte el estudio de seguridad y salud y el proyecto de control de calidad de la edificación.

Deberá incluir las condiciones y delimitación de los campos de actuación de laboratorios y entidades de control de calidad, si la obra lo requiriese. Las órdenes e instrucciones de la dirección facultativa de la obras se incorporan al proyecto como interpretación, complemento o precisión de sus determinaciones.

En cada documento, las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas y en los planos, la cota prevalece sobre la medida a escala.

9.1.2 Disposiciones facultativas. Delimitación general de funciones técnicas.

3. Delimitación de funciones de los agentes intervinientes

Ámbito de aplicación de la Ley de Ordenación de la Edificación.

La Ley de Ordenación de la Edificación (LOE) es de aplicación al proceso de la edificación, entendiendo por tal la acción y el resultado de construir un edificio de carácter permanente, público o privado, cuyo uso principal esté comprendido en los siguientes grupos:

- a) Administrativo, sanitario, religioso, residencial en todas sus formas, docente y cultural.
- b) Aeronáutico; agropecuario; de la energía; de la hidráulica; minero; de telecomunicaciones (referido a la ingeniería de las telecomunicaciones); del transporte terrestre, marítimo, fluvial y aéreo; forestal; industrial; naval; de la ingeniería de saneamiento e higiene, y accesorio a las obras de ingeniería y su explotación.
- c) Todas las demás edificaciones cuyos usos no estén expresamente relacionados en los grupos anteriores.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo b) la titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo c) la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.

4. El Promotor

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

5. El Projectista

Son obligaciones del projectista:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.

- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

6. El Constructor

Son obligaciones del constructor:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.
- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del aparejador o arquitecto técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar los libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de seguridad y salud y el del control de calidad, estos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.
- Facilitar al aparejador o arquitecto técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Facilitar el acceso a la obra a los laboratorios y entidades de control de calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.
- Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE.

7. El Director de Obra

Corresponde al director de obra:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurran a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
- Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.
- A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.

8. El Director de la Ejecución de la Obra

Corresponde al aparejador o arquitecto técnico la dirección de la ejecución de la obra, que formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.

- Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación del mismo.
- Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del arquitecto y del constructor.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartiendo, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al arquitecto.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra.
- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

9. El Coordinador de Seguridad y Salud

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

10. Las entidades y laboratorios de control de la calidad de la edificación

Las entidades de control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Los laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación prestan asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad:

- Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.
- Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las comunidades autónomas con competencia en la materia.

9.1.3 Disposiciones facultativas. De las obligaciones y derechos generales del constructor o contratista.

11. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

12. Plan de seguridad y salud

Artículo 10. El constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico de la dirección facultativa.

13. Proyecto de control de calidad

El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas e calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el arquitecto o aparejador de la dirección facultativa.

14. Oficina en la obra

El constructor habilitará en la obra una oficina en la que existirá una mesa o tablero adecuado, en el que puedan extenderse y consultarse los planos. En dicha oficina tendrá siempre el contratista a disposición de la dirección facultativa:

- El proyecto de ejecución completo, incluidos los complementos que en su caso redacte el arquitecto.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y asistencias.
- El plan de seguridad y salud y su libro de incidencias, si hay para la obra.
- El proyecto de control de calidad y su libro de registro, si hay para la obra.
- El reglamento y ordenanza de seguridad y salud en el trabajo.

- La documentación de los seguros suscritos por el constructor.

15. Representación del contratista. Jefe de Obra

El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Serán sus funciones las del constructor según se especifica en el punto 6.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de condiciones particulares de índole facultativa, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El pliego de condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al arquitecto para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

16. Presencia del constructor en la obra

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará al arquitecto o al aparejador o arquitecto técnico, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

17. Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el arquitecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el pliego de condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% del total del presupuesto en más de un 10 %.

18. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto

El constructor podrá requerir del arquitecto o del aparejador o arquitecto técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los pliegos de condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al constructor, estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el

enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto del aparejador o arquitecto técnico como del arquitecto.

Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuno hacer el constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de 3 días, a quién la hubiere dictado, el cual dará al constructor el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

19. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa

Las reclamaciones que el contratista quiera hacer contra las órdenes o instrucciones dimanadas de la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas, a través del arquitecto, ante la propiedad, si son de orden económico y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los pliegos de condiciones correspondientes.

Contra disposiciones de orden técnico del arquitecto o del aparejador o arquitecto técnico, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida al arquitecto, el cual podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligatorio para este tipo de reclamaciones.

20. Recusación por el contratista del personal nombrado por el arquitecto

El constructor no podrá recusar a los arquitectos, aparejadores o personal encargado por éstos de la vigilancia de las obras, ni pedir que por parte de la propiedad se designen otros facultativos para los reconocimientos y mediciones.

Cuando se crea perjudicado por la labor de éstos procederá de acuerdo con lo estipulado en el artículo precedente, pero sin que por esta causa puedan interrumpirse ni perturbarse la marcha de los trabajos.

21. Faltas del personal

El arquitecto, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

22. Subcontratas

El contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el pliego de condiciones particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.

9.1.4 Disposiciones facultativas. Responsabilidad civil de los agentes que intervienen en el proceso de edificación.

23. Daños materiales

Las personas físicas o jurídicas que intervienen en el proceso de la edificación responderán frente a los propietarios y los terceros adquirentes de los edificios o partes de los mismos, en el caso de que sean objeto de división, de los siguientes daños materiales ocasionados en el edificio dentro de los plazos indicados, contados desde la fecha de recepción de la obra, sin reservas o desde la subsanación de éstas:

- Durante 10 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos que afecten a la cimentación, los soportes, las vigas, los forjados, los muros de carga u otros elementos estructurales, y que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio.
- Durante 3 años, de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones que ocasionen el incumplimiento de los requisitos de habitabilidad del artículo 3 de la LOE.

El constructor también responderá de los daños materiales por vicios o defectos de ejecución que afecten a elementos de terminación o acabado de las obras dentro del plazo de 1 año.

24. Responsabilidad Civil

La responsabilidad civil será exigible en forma personal e individualizada, tanto por actos u omisiones de propios, como por actos u omisiones de personas por las que se deba responder.

No obstante, cuando pudiera individualizarse la causa de los daños materiales o quedase debidamente probada la concurrencia de culpas sin que pudiera precisarse el grado de intervención de cada agente en el daño producido, la responsabilidad se exigirá solidariamente. En todo caso, el promotor responderá solidariamente con los demás agentes intervinientes ante los posibles adquirentes de los daños materiales en el edificio ocasionados por vicios o defectos de construcción.

Sin perjuicio de las medidas de intervención administrativas que en cada caso procedan, la responsabilidad del promotor que se establece en la LOE se extenderá a las personas físicas o jurídicas que, a tenor del contrato o de su intervención decisoria en la promoción, actúen como tales promotores bajo la forma de promotor o gestor de cooperativas o de comunidades de propietarios u otras figuras análogas.

Cuando el proyecto haya sido contratado conjuntamente con más de un proyectista, los mismos responderán solidariamente.

Los proyectistas que contraten los cálculos, estudios, dictámenes o informes de otros profesionales, serán directamente responsables de los daños que puedan derivarse de su insuficiencia, incorrección o inexactitud, sin perjuicio de la repetición que pudieran ejercer contra sus autores.

El constructor responderá directamente de los daños materiales causados en el edificio por vicios o defectos derivados de la impericia, falta de capacidad profesional o técnica, negligencia o incumplimiento de las obligaciones atribuidas al jefe de obra y demás personas físicas o jurídicas que de él dependan.

Cuando el constructor subcontrate con otras personas físicas o jurídicas la ejecución de determinadas partes o instalaciones de la obra, será directamente responsable de los daños materiales por vicios o defectos de su ejecución, sin perjuicio de la repetición a que hubiere lugar.

El director de obra y el director de la ejecución de la obra que suscriban el certificado final de obra serán responsables de la veracidad y exactitud de dicho documento.

Quien acepte la dirección de una obra cuyo proyecto no haya elaborado él mismo, asumirá las responsabilidades derivadas de las omisiones, deficiencias o imperfecciones del proyecto, sin perjuicio de la repetición que pudiere corresponderle frente al proyectista.

Cuando la dirección de obra se contrate de manera conjunta a más de un técnico, los mismos responderán solidariamente sin perjuicio de la distribución que entre ellos corresponda.

Las responsabilidades por daños no serán exigibles a los agentes que intervengan en el proceso de la edificación, si se prueba que aquellos fueron ocasionados por caso fortuito, fuerza mayor, acto de tercero o por el propio perjudicado por el daño.

Las responsabilidades a que se refiere este artículo se entienden sin perjuicio de las que alcanzan al vendedor de los edificios o partes edificadas frente al comprador conforme al contrato de compraventa suscrito entre ellos, a los artículos 1.484 y siguientes del Código Civil y demás legislación aplicable a la compraventa.

9.1.5 Disposiciones facultativas. Prescripciones generales relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares.

25. Caminos y accesos

El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra. El aparejador o arquitecto técnico podrá exigir su modificación o mejora.

26. Replanteo

El constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerará a cargo del contratista e incluidos en su oferta.

El constructor someterá el replanteo a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico y una vez esto haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el arquitecto, siendo responsabilidad del constructor la omisión de este trámite.

27. Inicio de la obra, Ritmo de ejecución de los trabajos

El constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el pliego de condiciones particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquel señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el contratista dar cuenta al arquitecto y al aparejador o arquitecto técnico del comienzo de los trabajos al menos con 3 días de antelación.

28. Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la dirección facultativa.

29. Facilidades para otros contratistas

De acuerdo con lo que requiera la dirección facultativa, el contratista general deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos. En caso de litigio, ambos contratistas estarán a lo que resuelva la dirección facultativa.

30. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el arquitecto en tanto se formula o se tramita el proyecto reformado. El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

31. Prórroga por causas de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del arquitecto. Para ello, el constructor expondrá, en escrito dirigido al arquitecto, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

32. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la dirección facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

33. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entreguen el arquitecto o el aparejador o arquitecto técnico al constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias y de conformidad con lo especificado en el punto 17.

34. Documentación de obras ocultas

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, entregándose: uno, al arquitecto; otro, al aparejador; y, el tercero, al contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

35. Trabajos defectuosos

El constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las condiciones generales y particulares de índole técnica del pliego de condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete al aparejador o arquitecto técnico, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el aparejador o arquitecto técnico advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el arquitecto de la obra, quien resolverá.

36. Vicios ocultos

Si el aparejador o arquitecto técnico tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al arquitecto.

Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario serán a cargo de la propiedad.

37. Materiales y aparatos. Su procedencia

El constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas preceptúe una procedencia determinada. Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar al aparejador o arquitecto técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

38. Presentación de muestras

A petición del arquitecto, el constructor le presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el calendario de la obra.

39. Materiales no utilizables

El constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra.

Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el aparejador o arquitecto técnico, pero acordando previamente con el constructor su

justa tasación, teniendo en cuenta el valor de dichos materiales y los gastos de su transporte.

40. Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita en este pliego, o no tuvieran la preparación en él exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquel, se reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, el arquitecto a instancias del aparejador o arquitecto técnico, dará orden al constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen.

Si a los 15 días de recibir el constructor orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la propiedad cargando los gastos a la contrata.

Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del arquitecto, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquel determine, a no ser que el constructor prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

41. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán de cuenta de la contrata.

Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

42. Limpieza de las obras

Es obligación del constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

43. Obras sin prescripciones

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este pliego ni en la restante documentación del proyecto, el constructor se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la dirección facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

9.1.6 Disposiciones facultativas. De las recepciones de edificios y obras anejas.

44. Acta de recepción

La recepción de la obra es el acto por el cual el constructor, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el constructor, y en la misma se hará constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.
- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al constructor para asegurar sus responsabilidades.
- Se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra (arquitecto) y el director de la ejecución de la obra (aparejador) y la documentación justificativa del control de calidad realizado.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales. En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los 30 días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos 30 días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

45. Recepción provisional

Ésta se realizará con la intervención de la propiedad, del constructor, del arquitecto y del aparejador o arquitecto técnico. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los técnicos de la dirección facultativa extenderán el correspondiente certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

46. Documentación final

El arquitecto, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactarán la documentación final de las obras, que se facilitará a la propiedad. Dicha documentación se adjuntará, al acta de recepción, con la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio, que ha de ser encargado por el promotor y será entregado a los usuarios finales del edificio.

A su vez dicha documentación se divide en:

a) Documentación de seguimiento de obra

Dicha documentación según el CTE se compone de:

- Libro de órdenes y asistencias, de acuerdo con lo previsto en el Decreto 461/1971, de 11 de marzo.
- Libro de incidencias en materia de seguridad y salud, según el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre.
- Proyecto, con sus anejos y modificaciones debidamente autorizadas por el director de la obra.
- Licencia de obras, de apertura del centro de trabajo y, en su caso, de otras autorizaciones administrativas.

La documentación de seguimiento será depositada por el director de la obra en su colegio de arquitectos.

b) Documentación de control de obra

Su contenido, cuya recopilación es responsabilidad del director de ejecución de obra, se compone de:

- Documentación de control, que debe corresponder a lo establecido en el proyecto, más sus anejos y modificaciones.
- Documentación, instrucciones de uso y mantenimiento, así como garantías de los materiales y suministros, que debe ser proporcionada por el constructor, siendo conveniente recordárselo fehacientemente.
- En su caso, documentación de calidad de las unidades de obra, preparada por el constructor y autorizada por el director de ejecución en su colegio profesional.

c) Certificado final de obra

Éste se ajustará al modelo publicado en el Decreto 462/1971, de 11 de marzo, en donde el director de la ejecución de la obra certificará haber dirigido la ejecución material de las obras y controlado cuantitativa y cualitativamente la construcción y la calidad de lo edificado de acuerdo con el proyecto, la documentación técnica que lo desarrolla y las normas de buena construcción.

El director de la obra certificará que la edificación ha sido realizada bajo su dirección, de conformidad con el proyecto objeto de la licencia y la documentación técnica que lo complementa, hallándose dispuesta para su adecuada utilización con arreglo a las instrucciones de uso y mantenimiento.

Al certificado final de obra se le unirán como anejos los siguientes documentos:

- Descripción de las modificaciones que, con la conformidad del promotor, se hubiesen
- introducido durante la obra, haciendo constar su compatibilidad con las condiciones de
- la licencia.
- Relación de los controles realizados.

47. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el aparejador o arquitecto técnico a su medición definitiva, con precisa asistencia del constructor o de su representante.

Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el arquitecto con su firma, servirá para el abono por la propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza (según lo estipulado en el artículo 6 de la LOE).

48. Plazo de garantía

El plazo de garantía deberá estipularse en el pliego de condiciones particulares y en cualquier caso nunca deberá ser inferior a 9 meses (1 año en contratos con las administraciones públicas).

49. Conservación de las obras recibidas provisionalmente

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

50. Recepción definitiva

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

51. Prórroga del plazo de garantía

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el arquitecto director marcará al constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

52. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida

En el caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo que se fije en el pliego de condiciones particulares, la maquinaria, medios auxiliares, instalaciones, etc., a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos en este pliego de condiciones. Transcurrido el plazo de garantía se recibirán definitivamente según lo dispuesto en este pliego.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del arquitecto director, se efectuará una sola y definitiva recepción

9.1.7 Disposiciones económicas.

53. Principio general

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

54. Fianzas

El contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- Depósito previo, en metálico, valores, o aval bancario, por importe entre el 4% y el 10% del precio total de contrata.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual proporción. El porcentaje de aplicación para el depósito o la retención se fijará en el pliego de condiciones particulares.

55. Fianza en subasta pública

En el caso de que la obra se adjudique por subasta pública, el depósito provisional para tomar parte en ella se especificará en el anuncio de la misma y su cuantía será de ordinario, y salvo estipulación distinta en el pliego de condiciones particulares vigente en la obra, de un 4% como mínimo, del total del presupuesto de contrata.

El contratista a quien se haya adjudicado la ejecución de una obra o servicio para la misma, deberá depositar en el punto y plazo fijados en el anuncio de la subasta, o el que se determine en el pliego de condiciones particulares del proyecto, la fianza definitiva que se señale y, en su defecto, su importe será el 10% de la cantidad por la que se haga la adjudicación de las formas especificadas en el apartado anterior.

El plazo señalado en el párrafo anterior, y salvo condición expresa establecida en el pliego de condiciones particulares, no excederá de 30 días naturales a partir de la fecha en que se le comunique la adjudicación, y dentro de él deberá presentar el adjudicatario la carta de pago o recibo que acredite la constitución de la fianza a que se refiere el mismo párrafo.

La falta de cumplimiento de este requisito dará lugar a que se declare nula la adjudicación, y el adjudicatario perderá el depósito provisional que hubiese hecho para tomar parte en la subasta.

56. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el arquitecto director, en nombre y representación del propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastara para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

57. Devolución de fianzas

La fianza retenida será devuelta al contratista en un plazo que no excederá de 30 días una vez firmada el acta de recepción definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el

contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

58. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si la propiedad, con la conformidad del arquitecto director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

9.1.8 Disposiciones económicas. De los precios.

59. Composición de los precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

a) Costes directos

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

b) Costes indirectos

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

c) Gastos generales

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la administración pública este porcentaje se establece entre un 13% y un 17 %).

d) Beneficio industrial

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la administración.

e) Precio de ejecución material

Se denominará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del beneficio industrial.

f) Precio de contrata

El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

El IVA se aplica sobre esta suma (precio de contrata) pero no integra el precio.

60. Precios de contrata. Importe de contrata

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por precio de contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de ejecución material, más el% sobre este último precio en concepto de beneficio industrial del contratista. El beneficio se estima normalmente en el 6 %, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro distinto.

61. Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la propiedad por medio del arquitecto decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá de manera contradictoria entre el arquitecto y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el pliego de condiciones particulares. Si subsiste la diferencia se acudirá, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y en segundo lugar al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

62. Reclamación de aumento de precios

Si el contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

63. Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obras ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al pliego general de condiciones técnicas y en segundo lugar, al pliego de condiciones particulares técnicas.

64. Revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al 3% del importe total del presupuesto de contrato.

Caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el pliego de condiciones particulares, percibiendo el contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 %.

No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

65. Acopio de materiales

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la propiedad ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el contratista.

9.1.9 Disposiciones económicas. Obras por administración.

66. Administración

Se denominan obras por administración aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el propietario, bien por sí o por un representante suyo o bien por mediación de un constructor.

Las obras por administración se clasifican en las dos modalidades siguientes:

a) Obras por administración directa

Se denominan obras por administración directa aquellas en las que el propietario por sí o por mediación de un representante suyo, que puede ser el propio arquitecto director, expresamente autorizado a estos efectos, lleve directamente las gestiones precisas para la ejecución de la obra, adquiriendo los materiales, contratando su transporte a la obra y, en suma interviniendo directamente en todas las operaciones precisas para que el personal y los obreros contratados por él puedan realizarla; en estas obras el constructor, si lo hubiese, o el encargado de su realización, es un mero dependiente del propietario, ya sea como empleado suyo o como autónomo contratado por él, que es quien re úne en sí, por tanto, la doble personalidad de propietario y contratista.

b) Obras por administración delegada o indirecta

Se entiende por obra por administración delegada o indirecta la que convienen un propietario y un constructor para que éste, por cuenta de aquel y como delegado suyo, realice las gestiones y los trabajos que se precisen y se convengan.

Son por tanto, características peculiares de las obras por administración delegada o indirecta las siguientes:

- Por parte del propietario, la obligación de abonar directamente, o por mediación del constructor, todos los gastos inherentes a la realización de los trabajos convenidos, reservándose el propietario la facultad de poder ordenar, bien por sí o por medio del arquitecto director en su representación, el orden y la marcha de los trabajos, la elección de los materiales y aparatos que en los trabajos han de emplearse y, en suma, todos los elementos que crea preciso para regular la realización de los trabajos convenidos.
- Por parte del constructor, la obligación de llevar la gestión práctica de los trabajos, aportando sus conocimientos constructivos, los medios auxiliares precisos y, en suma, todo lo que, en armonía con su cometido, se requiera para la ejecución de los trabajos, percibiendo por ello del propietario un% prefijado sobre el importe total de los gastos efectuados y abonados por el constructor.

67. Liquidación de obras por administración

Para la liquidación de los trabajos que se ejecuten por administración delegada o indirecta, regirán las normas que a tales fines se establezcan en las condiciones particulares de índole económica vigentes en la obra; a falta de ellas, las cuentas de administración las

presentará el constructor al propietario, en relación valorada a la que deberá acompañarse y agrupados en el orden que se expresan los documentos siguientes todos ellos conformados por el aparejador o arquitecto técnico:

- Las facturas originales de los materiales adquiridos para los trabajos y el documento adecuado que justifique el depósito o el empleo de dichos materiales en la obra.
- Las nóminas de los jornales abonados, ajustadas a lo establecido en la legislación vigente, especificando el número de horas trabajadas en la obra por los operarios de cada oficio y su categoría, acompañando a dichas nóminas una relación numérica de los encargados, capataces, jefes de equipo, oficiales y ayudantes de cada oficio, peones especializados y sueltos, listeros, guardas, etc., que hayan trabajado en la obra durante el plazo de tiempo a que correspondan las nóminas que se presentan.
- Las facturas originales de los transportes de materiales puestos en la obra o de retirada de escombros.
- Los recibos de licencias, impuestos y demás cargas inherentes a la obra que haya pagado o en cuya gestión haya intervenido el constructor, ya que su abono es siempre de cuenta del propietario.

A la suma de todos los gastos inherentes a la propia obra en cuya gestión o pago haya intervenido el constructor se le aplicará, a falta de convenio especial, un 15 %, entendiéndose que en este porcentaje están incluidos los medios auxiliares y los de seguridad preventivos de accidentes, los gastos generales que al constructor originen los trabajos por administración que realiza y el beneficio industrial del mismo.

68. Abono al constructor de las cuentas de administración delegada

Salvo pacto distinto, los abonos al constructor de las cuentas de administración delegada los realizará el propietario mensualmente según las partes de trabajos realizados aprobados por el propietario o por su delegado representante.

Independientemente, el aparejador o arquitecto técnico redactará, con igual periodicidad, la medición de la obra realizada, valorándola con arreglo al presupuesto aprobado. Estas valoraciones no tendrán efectos para los abonos al constructor, salvo que se hubiese pactado lo contrario contractualmente.

69. Normas para la adquisición de los materiales y aparatos

No obstante las facultades que en estos trabajos por administración delegada se reserva el propietario para la adquisición de los materiales y aparatos, si al constructor se le autoriza para gestionarlos y adquirirlos, deberá presentar al propietario, o en su representación al arquitecto director, los precios y las muestras de los materiales y aparatos ofrecidos, necesitando su previa aprobación antes de adquirirlos.

70. Del constructor en el bajo rendimiento de los obreros

Si de los partes mensuales de obra ejecutada que preceptivamente debe presentar el constructor al arquitecto director, éste advirtiese que los rendimientos de la mano de obra, en todas o en algunas de las unidades de obra ejecutada, fuesen notoriamente inferiores a los rendimientos normales generalmente admitidos para unidades de obra iguales o similares, se lo notificará por escrito al constructor, con el fin de que éste haga las gestiones precisas para aumentar la producción en la cuantía señalada por el arquitecto director.

Si hecha esta notificación al constructor, en los meses sucesivos, los rendimientos no llegasen a los normales, el propietario queda facultado para resarcirse de la diferencia,

rebajando su importe del 15% que por los conceptos antes expresados correspondería abonarle al constructor en las liquidaciones quincenales que preceptivamente deben efectuársele. En caso de no llegar ambas partes a un acuerdo en cuanto a los rendimientos de la mano de obra, se someterá el caso a arbitraje.

71. Responsabilidades del constructor

En los trabajos de obras por administración delegada, el constructor sólo será responsable de los defectos constructivos que pudieran tener los trabajos o unidades por él ejecutadas y también de los accidentes o perjuicios que pudieran sobrevenir a los obreros o a terceras personas por no haber tomado las medidas precisas que en las disposiciones legales vigentes se establecen. En cambio, y salvo lo expresado en el punto 70 precedente, no será responsable del mal resultado que pudiesen dar los materiales y aparatos elegidos con arreglo a las normas establecidas en dicho artículo.

En virtud de lo anteriormente consignado, el constructor está obligado a reparar por su cuenta los trabajos defectuosos y a responder también de los accidentes o perjuicios expresados en el párrafo anterior

9.1.10 Disposiciones económicas. Valoración y abono de los trabajos.

72. Formas de abono de las obras

Según la modalidad elegida para la contratación de las obras, y salvo que en el pliego particular de condiciones económicas se preceptúe otra cosa, el abono de los trabajos se efectuará así:

- Tipo fijo o tanto alzado total. Se abonará la cifra previamente fijada como base de la adjudicación, disminuida en su caso en el importe de la baja efectuada por el adjudicatario.
- Tipo fijo o tanto alzado por unidad de obra. Este precio por unidad de obra es invariable y se haya fijado de antemano, pudiendo variar solamente el número de unidades ejecutadas. Previa medición y aplicando al total de las diversas unidades de obra ejecutadas, del precio invariable estipulado de antemano para cada una de ellas, estipulado de antemano para cada una de ellas, se abonará al contratista el importe de las comprendidas en los trabajos ejecutados y ultimados con arreglo y sujeción a los documentos que constituyen el proyecto, los que servirán de base para la medición y valoración de las diversas unidades.
- Tanto variable por unidad de obra. Según las condiciones en que se realice y los materiales diversos empleados en su ejecución de acuerdo con las órdenes del arquitecto director. Se abonará al contratista en idénticas condiciones al caso anterior.
- Por listas de jornales y recibos de materiales, autorizados en la forma que el presente pliego general de condiciones económicas determina.
- Por horas de trabajo, ejecutado en las condiciones determinadas en el contrato.

73. Relaciones valoradas y certificaciones

En cada una de las épocas o fechas que se fijen en el contrato o en los pliegos de condiciones particulares que rijan en la obra, formará el contratista una relación valorada de las obras ejecutadas durante los plazos previstos, según la medición que habrá practicado el aparejador.

Lo ejecutado por el contratista en las condiciones preestablecidas, se valorará aplicando al resultado de la medición general, cúbica, superficial, lineal, ponderada o numeral

correspondiente para cada unidad de obra, los precios señalados en el presupuesto para cada una de ellas, teniendo presente además lo establecido en el presente pliego general de condiciones económicas respecto a mejoras o sustituciones de material y a las obras accesorias y especiales, etc.

Al contratista, que podrá presenciar las mediciones necesarias para extender dicha relación, se le facilitarán por el aparejador los datos correspondientes de la relación valorada, acompañándolos de una nota de envío, al objeto de que, dentro del plazo de 10 días a partir de la fecha del recibo de dicha nota, pueda el contratista examinarlos y devolverlos firmados con su conformidad o hacer, en caso contrario, las observaciones o reclamaciones que considere oportunas.

Dentro de los 10 días siguientes a su recibo, el arquitecto director aceptará o rechazará las reclamaciones del contratista si las hubiere, dando cuenta al mismo de su resolución, pudiendo éste, en el segundo caso, acudir ante el propietario contra la resolución del arquitecto director en la forma referida en los pliegos generales de condiciones facultativas y legales.

Tomando como base la relación valorada indicada en el párrafo anterior, expedirá el arquitecto director la certificación de las obras ejecutadas. De su importe se deducirá el tanto por cien que para la construcción de la fianza se haya preestablecido.

El material acopiado a pie de obra por indicación expresa y por escrito del propietario, podrá certificarse hasta el 90% de su importe, a los precios que figuren en los documentos del proyecto, sin afectarlos del% de contrata.

Las certificaciones se remitirán al propietario, dentro del mes siguiente al período a que se refieren, y tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la liquidación final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. En el caso de que el arquitecto director lo exigiera, las certificaciones se extenderán al origen.

74. Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el contratista, incluso con autorización del arquitecto director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio o ejecutase con mayores dimensiones cualquiera parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del arquitecto director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponder en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

75. Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

Salvo lo preceptuado en el pliego de condiciones particulares de índole económica, vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partida alzada, se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obras iguales, las presupuestadas mediante partida alzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partida alzada, deducidos de los similares contratados.

- Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partida alzada se abonará íntegramente al contratista, salvo el caso de que en el presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso el arquitecto director indicará al contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el pliego de condiciones particulares en concepto de gastos generales y beneficio industrial del contratista.

76. Abono de agotamientos y otros trabajos especiales no contratados

Cuando fuese preciso efectuar agotamientos, inyecciones y otra clase de trabajos de cualquiera índole especial y ordinaria, que por no estar contratados no sean de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el propietario por separado de la contrata.

Además de reintegrar mensualmente estos gastos al contratista, se le abonará juntamente con ellos el tanto por cien del importe total que, en su caso, se especifique en el pliego de condiciones particulares.

77. Pagos

Los pagos se efectuarán por el propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el arquitecto director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

78. Bono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo; y el arquitecto director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los pliegos particulares o en su defecto en los generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.

9.1.11 Disposiciones económicas. Indemnizaciones mutuas.

79. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el calendario de obra, salvo lo dispuesto en el pliego particular del presente proyecto.

Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

80. Demora de los pagos por parte del propietario

Si el propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido el contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 5% anual (o el que se defina en el pliego particular), en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación.

Si aún transcurrieran 2 meses a partir del término de dicho plazo de 1 mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

No obstante lo anteriormente expuesto, se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de pagos, cuando el contratista no justifique que en la fecha de dicha solicitud ha invertido en obra o en materiales acopiados admisibles la parte de presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

9.1.12 Disposiciones económicas. Varios.

81. Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra

No se admitirán mejoras de obra, más que en el caso en que el arquitecto director haya ordenado por escrito la ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como la de los materiales y aparatos previstos en el contrato. Tampoco se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, salvo caso de error en las mediciones del proyecto a menos que el arquitecto director ordene, también por escrito, la ampliación de las contratadas.

En todos estos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o aparatos ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el arquitecto director introduzca innovaciones que supongan una reducción apreciable en los importes de las unidades de obra contratadas.

82. Unidades de obra defectuosas, pero aceptables

Cuando por cualquier causa fuera menester valorar obra defectuosa, pero aceptable a juicio del arquitecto director de las obras, éste determinará el precio o partida de abono después de oír al contratista, el cual deberá conformarse con dicha resolución, salvo el caso

en que, estando dentro del plazo de ejecución, prefiera demoler la obra y rehacerla con arreglo a condiciones, sin exceder de dicho plazo.

83. Seguro de las obras

El contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados.

El importe abonado por la sociedad aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya, y a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al contratista se efectuará por certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del contratista, hecho en documento público, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada.

La infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc., y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al contratista por el siniestro y que no se le hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la compañía aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el arquitecto director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de seguros, los pondrá el contratista, antes de contratarlos, en conocimiento del propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

Además se han de establecer garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción, según se describe en el artículo 81, en base al artículo 19 de la LOE.

84. Conservación de la obra

Si el contratista, siendo su obligación, no atiende a la conservación de la obra durante el plazo de garantía, en el caso de que el edificio no haya sido ocupado por el propietario antes de la recepción definitiva, el arquitecto director, en representación del propietario, podrá disponer todo lo que sea preciso para que se atienda a la guardería, limpieza y todo lo que fuese menester para su buena conservación, abonándose todo ello por cuenta de la contrata.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como en el caso de resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que el arquitecto director fije.

Después de la recepción provisional del edificio y en el caso de que la conservación del edificio corra a cargo del contratista, no deberá haber en él más herramientas, útiles, materiales, muebles, etc., que los indispensables para su guardería y limpieza y para los trabajos que fuese preciso ejecutar.

En todo caso, ocupado o no el edificio, está obligado el contratista a revisar y reparar la obra, durante el plazo expresado, procediendo en la forma prevista en el presente pliego de condiciones económicas.

85. Uso por el contratista de edificio o bienes del propietario

Cuando durante la ejecución de las obras ocupe el contratista, con la necesaria y previa autorización del propietario, edificios o haga uso de materiales o útiles pertenecientes al mismo, tendrá obligación de repararlos y conservarlos para hacer entrega de ellos a la terminación del contrato, en perfecto estado de conservación, reponiendo los que se hubiesen inutilizado, sin derecho a indemnización por esta reposición ni por las mejoras hechas en los edificios, propiedades o materiales que haya utilizado.

En el caso de que al terminar el contrato y hacer entrega del material, propiedades o edificaciones, no hubiese cumplido el contratista con lo previsto en el párrafo anterior, lo realizará el propietario a costa de aquel y con cargo a la fianza.

86. Pago de arbitrios

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo de la contrata, siempre que en las condiciones particulares del proyecto no se estipule lo contrario.

9.2 Pliego de condiciones técnicas particulares

9.2.1 Prescripción sobre los materiales.

CONDICIONES GENERALES

1. Calidad de los materiales

Todos los materiales a emplear en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

2. Pruebas y ensayos de materiales

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

3. Materiales no consignados en proyecto

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la dirección facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

4. Condiciones generales de ejecución

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura, aprobado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos en fecha 24 de abril de 1973, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la dirección facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista la baja subasta para variar esa esmerada

ejecución, ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

CONDICIONES QUE HAN DE CUMPLIR LOS MATERIALES

5. Instalación de Iluminación

5.1. Normas

Todos los materiales que se empleen en la instalación eléctrica y de iluminación deberán cumplir las prescripciones técnicas que dictan las normas internacionales CBI, los reglamentos en vigor, así como las normas técnico-prácticas de la compañía suministradora de energía.

5.2. Cableado

De forma general los conductores a emplear en la instalación serán de cobre. Los conductores serán aislados, salvo casos de conductores de toma de tierra y excepciones referidas en el proyecto, cumpliendo con lo especificado en la norma UNE-21022 "Conductores de cables aislados". En general tendrán la clasificación de no propagadores de la llama.

El aislamiento de los conductores podrá ser termoplástico o termoestable, conforme se indique; para el caso de los de tensiones de 0,6/1 kV, la sección mínima a utilizar será de 1,5 mm². En ningún caso se permitirán cambios en las secciones proyectadas, a no ser con la autorización escrita de la Dirección Técnica de Obra.

Los conductores se colocarán en tramos enteros desde el interruptor, cuadro o caja hasta el receptor, no estando autorizados empalmes ni cambios de secciones intermedios. Los conductores se dispondrán de forma que las curvas lo sean con radios amplios, siempre mayores a 10 veces el diámetro del mismo, evitando además que se formen cocas o que se deteriore el aislamiento.

En atmósferas o condiciones especiales se utilizarán los conductores que específicamente se detallan en el proyecto. Los conductores a emplear serán de fabricantes de reconocida solvencia técnica. Cuando exista duda sobre la calidad, el Director Técnico de Obra podrá solicitar los correspondientes certificados de homologación y sujeción a normas.

La acción sucesiva del sol y de la humedad no deben de provocar la más mínima alteración de la cubierta. El relleno que sirve para dar forma al cable aplicado por extrusión sobre las almas del cableado debe ser de material adecuado de manera que pueda ser fácilmente separado para la confección de los empalmes y terminales. Los cables denominados de "instalación", normalmente alojados en tubería protectora, serán de cobre con aislamiento de PVC. La tensión de servicio será de 750 V y la tensión de ensayo de 2.000 V.

La sección mínima que se utilizará en los cables destinados a circuitos de alumbrado será de 1,5 mm². Y la sección mínima que se utilizará en los cables destinados a circuitos de fuerza será de 2,5 mm².

Los ensayos de tensión y de resistencia de aislamiento se efectuarán con la tensión de prueba de 2.000 V, de igual forma que en los cables anteriores.

5.3 Equilibrio de fases

En las instalaciones trifásicas en general y en sus partes componentes se cuidará del debido equilibrio de las fases, procediéndose al mejor reparto posible.

Una vez concluida la instalación, el contratista está obligado a comprobar las intensidades de cada una de las fases para cada parte de la instalación y para su totalidad, procediendo a realizar las correcciones que fueren oportunas de forma que el desequilibrio sea inferior al 10%, salvo en situaciones especiales.

5.4 Resistencia de tierra

El contratista está obligado a efectuar la medición de la resistencia de la toma de tierra, comunicando el resultado a la Dirección Técnica de Obra, quien podrá solicitar una nueva medición en su presencia.

En caso que la resistencia supere el valor fijado en el proyecto deberán tomarse las medidas oportunas para su mejora o en la imposibilidad de ello, proceder a otras sustitutorias.

5.5 Luminarias

Dada la gran variedad de luminarias existentes en el mercado y considerando que modelos muy semejantes aparentemente pueden presentar considerables y fundamentales diferencias de funcionamiento, calidades y componentes, se opta por no aceptar cambios en tales aparatos a no ser con la aprobación expresa y por escrito de la Dirección Técnica de Obra.

En general las luminarias vendrán equipadas de origen con equipos para alto factor de potencia, cableado y portalámparas.

La posición física de las mismas obedecerá a la situación que se da en los planos o en los cálculos. No se permitirán luminarias mal alineadas o mal aplomadas u otras empotradas que dejen aparecer las partes que deberían quedar ocultas o mismo luminosidades por rendijas o similares.

5.6 Lámparas

Las lámparas a utilizar en la instalación responderán a lo que se especifique en el proyecto, haciéndose especial hincapié tanto en lo que respecta a sus rendimientos lumínicos y de reproducción cromática, como a las potencias.

Dentro de ello podrán ser utilizadas lámparas de los fabricantes de reconocido prestigio y tradición, no aceptándose marcas de segunda línea. Todas las lámparas, una vez instaladas, se limpiarán con un paño limpio y seco para retirar las huellas que podrían producir en ellas manchas indeseables y pérdidas en el rendimiento.

5.7 Calidad de la instalación.

La Dirección Técnica de Obra podrá solicitar del contratista que proceda a comprobar niveles de tensión, aislamientos, resistencias de tierra u otros parámetros en diferentes puntos de la instalación.

Asimismo, podrá pedir la comprobación de los niveles de alumbrado y de los factores de uniformidad.

6. Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales

6.1. Normas

Todos los materiales que se empleen en la instalación de evacuación de aguas deberán de cumplir las prescripciones técnicas que dictan las normativas y los reglamentos en vigor, en concreto las que se indican en el CTE DB HS-4.

6.2. Tuberías

Todas las tuberías irán debidamente marcadas con el cumplimiento de la norma correspondiente.

Las tuberías serán lisas y de sección circular, no presentando rugosidades ni rebabas en sus extremos.

Dichas tuberías discurrirán siempre y cuando sea posible por zonas comunes, pudiendo modificar su recorrido si ello supone un gran ahorro y mejora en la instalación y siempre y cuando no se interfieran en el aspecto y confort de las otras estancias.

La unión de los accesorios, se realizará roscada para diámetros hasta DN 50 y con bridas para diámetros superiores. Se utilizarán accesorios adecuados en cambios de dirección y derivaciones. No se admitirán los tubos curvados en caliente.

Los cambios de sección en las tuberías deberán hacerse siempre mediante reducciones tronco-cónicas normalizadas. Siempre que no existan restricciones de espacio, se utilizarán curvas de radio amplio normalizados.

Las tuberías deberán cortarse utilizando herramientas adecuadas y con precisión para evitar sobreesfuerzos. Las uniones, tanto roscadas como por presión presentarán un corte limpio, exentos de rebabas. En las uniones embridadas se montará una junta flexible de goma o del elemento adecuado al fluido trasegado. Las uniones roscadas deberán hacerse aplicando un lubricante solo a la rosca macho, realizándose el sellado mediante cáñamo o esparto enrollado en el sentido de la rosca.

Para compensar en las redes de tuberías los efectos debidos a cambios de temperatura se instalarán compensadores de dilatación. Los dilatadores serán de acero al carbono o de acero inoxidable y sus presiones de trabajo serán como mínimo las mismas que las de los sistemas en que se encuentran instalados.

Las tuberías deberán instalarse, previo replanteo, de forma limpia, nivelada y siguiendo un paralelismo con los parámetros del edificio a menos que se indique lo contrario. Toda la tubería, valvulería y accesorios asociados, deberán instalarse con separación suficiente de otros materiales para permitir su fácil acceso y manipulación y evitar todo tipo de interferencias.

Las tuberías se cortarán exactamente a las dimensiones establecidas a pie de obra y se colocarán en su sitio sin forzarlas o flexearlas.

Las tuberías se almacenarán en lugares donde están protegidas contra los agentes atmosféricos. En su manipulación se evitarán roces, rozaduras y arrastres que pudieran dañar la resistencia mecánica y las superficies calibradas de las extremidades o las protecciones anticorrosión.

Las tuberías ya sean aisladas o no, deberán identificarse mediante bandas de colores, de acuerdo con las Normas UNE 100100 o UNE 1063, añadiendo texto rotulado identificando el fluido. Igualmente deberán exhibir flechas indicativas del sentido del flujo.

El contacto entre la conducción y el elemento de soporte no deberá nunca realizarse directamente, sino a través de un elemento elástico no metálico que impida el paso de vibraciones hacia la estructura y, reduzca el peligro de corrosión por corrientes galvánicas y puentes térmicos. Cuando la conducción esté térmicamente aislada el aislamiento nunca deberá estar interrumpido y en ese caso la abrazadera deberá tener una superficie de contacto suficientemente amplia para que el material aislante resista sin aplastarse.

Todo paso por forjados o paramentos se realizará protegido por un pasamuros plástico que permita la libre dilatación del tubo.

Los tramos empotrados de tuberías en muros o tabiques se protegerán con tubo flexible de PVC para proteger los tubos y permitir su dilatación. Las tuberías no deberán ponerse nunca en contacto con yeso húmedo, oxiclорuros y escorias.

Una vez finalizada la instalación de las tuberías se realizará una prueba de estanqueidad para comprobar la ausencia de fugas y exudaciones, a una presión que dependerá del tipo de fluido transportado e instalación, según IT.2 del RITE o según reglamento específico para cada instalación.

Todas las pruebas serán efectuadas en presencia de persona delegada por la Dirección Facultativa que deberá dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados.

Las tuberías multicapa empleadas inoxidable deberán estar especialmente señalizadas durante todo su recorrido para evitar posibles confusiones y para facilitar la distinción de ambos suministros (potable ya existente y pluvial). Además, todos los lugares de captación, filtración, almacenamiento, impulsión, conducción, evacuación y entrega de aguas pluviales, deben estar convenientemente señalizados para que puedan ser identificados de forma fácil e inequívoca.

Si un punto de uso de agua pluvial queda expuesto al libre acceso, deben tener un sistema de seguridad complementario a la señalización. En el supuesto ejemplo de que el elemento fuese un grifo, deben ser grifos con maneta desmontable o bloqueable, o algún dispositivo que impida su uso.

El armario o arqueta del contador general contendrá, dispuestos en este orden, la llave de corte general, el contador, una válvula de retención y una llave de salida. Su instalación debe realizarse en un plano paralelo al del suelo. La llave de salida debe permitir la interrupción del suministro al edificio. La llave de corte general y la de salida servirán para el montaje y desmontaje del contador general.

La bomba debe situarse en un lugar fácilmente accesible para su mantenimiento. Cuando los depósitos de agua que abastecen el edificio son de grandes dimensiones, se encuentran enterrados junto con la cimentación. Esta disposición obliga a colocar una válvula de pie (válvula de retención sumergida) para mantener cebada la bomba, para asegurar que haya agua en la tubería de aspiración de la bomba y la tubería no se llene de aire.

7. Instalación de Calefacción

7.1. Normas

Todos los materiales que se empleen en la instalación térmica deberán cumplir las prescripciones técnicas que dictan las normas de los reglamentos en vigor, así como las normas UNE de aplicación a instalaciones térmicas.

7.2. Condiciones de bienestar e higiene

La instalación térmica se diseña, calcula, ejecuta, mantiene y debe utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad térmica del ambiente y una calidad del aire interior aceptable para los usuarios de las edificaciones sin que se produzca un decremento de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo los requisitos siguientes:

- Calidad térmica del ambiente: mantenimiento de los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de

mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de los edificios.

- Calidad del aire interior: mantenimiento de una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado. (Según las categorías de calidad del aire interior, IDA1 (óptima calidad), IDA2 (buena calidad), IDA3 (calidad media) e IDA4 (baja calidad) contempladas en la Instrucción IT1 del RITE), con la siguiente aplicación:
 - IDA 1: Hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías y similares.
 - IDA 2: Oficinas, residencias (estudiantes y ancianos), locales comunes de edificios hoteleros, salas de lecturas, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y similares, piscinas y similares.
 - IDA 3: Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de edificios hoteleros, restaurantes cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo las piscinas), salas de ordenadores y similares.
 - IDA 4: Nunca se empleará, salvo casos especiales que deberán ser justificados.
- Higiene: La temperatura del agua de retorno al sistema de preparación y acumulación de agua caliente para usos sanitarios RACS será mayor que 50°C, ya que esta temperatura es suficiente para que la proliferación de la legionela esté controlada.
- Calidad del ambiente acústico: Limitar, en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de estas instalaciones. Se exigirá, en cumplimiento del apartado 3.4.1 del CTE, que los suministradores de equipos proporcionen la siguiente información técnica, de carácter obligatoria:
 - Nivel de potencia acústica de equipos que producen ruidos estacionarios, como bombas, ventiladores, quemadores, maquinaria frigorífica, unidades terminales para el control y la difusión de aire, ventiloconvectores, inductores, etc.
 - Rigidez mecánica y carga máxima de los lechos elásticos empleados en bancadas de inercia.
 - Amortiguamiento, curva de transmisibilidad y carga máxima de los sistemas antivibratorios utilizados en el aislamiento de maquinaria y conducciones.
 - Coeficiente de absorción acústica de los productos absorbentes empleados en conductos de ventilación.
 - Atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdidas por inserción.
 - Atenuación total de los silenciadores interpuestos en conductos o empotrados en elementos constructivos, como fachadas.

7.3. Condiciones de eficiencia energética

Las instalaciones térmicas se diseñan, calculan, se ejecutan, mantienen y se utilizan de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las mismas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero (Cambio Climático) y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los requisitos siguientes:

- Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento energético máximo.

- Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones (redes de distribución de los fluidos portadores) de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.
- Regulación y control: las instalaciones térmicas estarán dotadas de los sistema de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.
- Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.
- Recuperación de energía: las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de las energías residuales.
- Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías todas las necesidades del edificio.

7.4. Condiciones de seguridad

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se prevenga y reduzca a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades.

7.5. Protección contra quemaduras y altas temperaturas

Se instalará un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60 °C, en los puntos de consumo que puedan exceder de 60 °C.

Las superficies calientes de los emisores de calor accesibles a los usuarios tendrán una temperatura menor que 80 °C, salvo cuando estén protegidas contra contactos. En cualquier caso, la temperatura de las superficies con las que exista posibilidad de contacto no será mayor que 60 °C.

7.6. Condiciones administrativas en cuanto a la necesidad de redacción de proyecto o memoria técnica sustitutiva

Potencia térmica nominal (generación de frío / calor)	Requiere proyecto
$P > 70 \text{ kW}$	Sí (proyecto)
$5 \text{ kW} < P \leq 70 \text{ kW}$	No (memoria técnica)
$P \leq 5 \text{ kW}$	No necesario

Cuando en un mismo edificio existan múltiples generadores de calor, frío, o de ambos tipos, la potencia térmica nominal de la instalación, a efectos de determinar la

documentación técnica de diseño requerida, se obtendrá como la suma de las potencias térmicas nominales de los generadores de calor o de los generadores de frío necesarios para cubrir el servicio. Toda reforma de una instalación de las contempladas en el Apartado 2 requerirá la realización previa de un proyecto o memoria técnica sobre el alcance de la misma, en la que se justifique el cumplimiento de las exigencias del RITE y la normativa vigente que le afecte en la parte reformada. Cuando la reforma implique el cambio del tipo de energía o la incorporación de energías renovables, en el proyecto o memoria técnica de la reforma se debe justificar la adaptación de los equipos generadores de calor o frío y sus nuevos rendimientos energéticos así como, en su caso, las medidas de seguridad complementarias que la nueva fuente de energía demande para el local donde se ubique, de acuerdo con este reglamento y la normativa vigente que le afecte.

Cuando exista un cambio del uso previsto de un edificio, en el proyecto o memoria técnica de la reforma se analizará y justificará su explotación energética y la idoneidad de las instalaciones existentes para el nuevo uso así como la necesidad de modificaciones que obliguen a contemplar la zonificación y el fraccionamiento de las demandas de acuerdo con las exigencias técnicas del RITE y la normativa vigente que le afecte.

7.7. Condiciones específicas de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir los generadores de calor y de sus instalaciones auxiliares y anexas

7.7.1. Generadores de calor

Si se emplean biocombustibles, el generador de calor dispondrá de los siguientes elementos de seguridad: dispositivos para interrumpir el funcionamiento del quemador, tanto en caso de retroceso de los productos de la combustión como en la situación de superarse la temperatura de diseño, siendo éste último de rearme manual. También estará dotado con sistemas de eliminación del calor residual de la caldera y válvula de seguridad tarada 1 bar por encima de su presión de trabajo, siendo conducida su descarga a sumidero. Al menos su rendimiento será, a plena carga del 75%. En cualquier circunstancia, se exigirá el cumplimiento del reglamento de aparatos a presión, así como el marcado CE.

7.7.2. Sala de máquinas

Se considera como “Sala de máquinas” aquel recinto donde se alojan los generadores térmicos y otros equipos auxiliares, así como los accesorios necesarios para su funcionamiento, cuando la suma de las potencias térmicas nominales instaladas de los generadores sea mayor que 70 kW.

Se consideran parte de la sala de máquinas los locales a los que se acceda desde la misma sala, que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior. No tendrán consideración de salas de máquinas:

- Los recintos que contengan equipos cuya suma de potencia sea menor que 70 kW.
- Los recintos con generadores de aire caliente, tubos radiantes de gas o aparatos similares, siempre que se tengan en cuenta los requisitos de ventilación de la norma UNE-EN 13410.
- Los equipos de generación de frío y calor de cualquier potencia, diseñados para ser instalados en exteriores, con fluido portador aire o agua. Alrededor de los cuatro lados de estos equipos se dejarán las distancias para ventilación y mantenimiento determinadas por el fabricante.

En todo caso se deberá cumplir las condiciones de riesgo de incendio, en función de las potencias, que para estas salas de máquinas impone el CTE (tabla 2.1 del DB-SI del CTE). Asimismo deberán cumplirse las medidas indicadas en el RITE en concreto en la IT 1.3.4.1.2.2.

La sala de máquinas tendrá un camino desde su interior hacia el exterior por el que se podrá pasar con el equipo más pesado y voluminoso contenido en la misma sin dificultad alguna y sin necesidad de tener que eliminar del camino elementos constructivos o puertas.

La distancia entre generadores de calor y entre éstos y las paredes de la sala de máquinas contemplará la posibilidad de abrir la puerta frontal sin necesidad de desmontar el quemador.

La distancia mínima entre equipos y entre éstos y los cerramientos no será nunca inferior a 80 cm. En la parte frontal de calderas y máquinas frigoríficas deberá existir un espacio libre de longitud igual, por lo menos, a la del equipo, con el fin de poder efectuar las operaciones de limpieza de los tubos de los intercambiadores de calor. La altura de este espacio deberá ser la que marque el haz de tubos. En cualquier caso, la altura mínima del techo de la sala de máquinas será de 2,5m.

En caso de sala de máquinas para calderas de combustible sólido, el diseño de la situación de los generadores y el silo de almacenamiento y de los espacios alrededor de los diferentes componentes se hará siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los requisitos mínimos de ventilación de las salas de máquinas están indicados en el RAP (Reglamento de Aparatos a Presión, MIE-AP1 capítulo 5) para los generadores de calor y en el RSF (Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones Frigoríficas, MI IF 007) para generadores de frío.

Se procurará que las salas de máquinas estén situadas en contacto con el ambiente exterior, de manera que la ventilación tenga lugar siempre por medios naturales (ventilación natural directa por aperturas, por ejemplo en las cubiertas de los edificios).

En cualquier caso, todas las aberturas de ventilación estarán protegidas por medio de rejillas y mallas metálicas antiinsectos. Las entradas de aire se harán en la parte inferior de las paredes, con área libre mínima de 5 cm² por cada kW de potencia térmica instalada. Además, en la parte superior de las paredes se practicarán aberturas de superficie igual, por lo menos, a una milésima parte de la superficie en planta de la sala de máquinas. Cuando sea posible, las aberturas se practicarán en diferentes fachadas, para favorecer la creación de corrientes de aire por efecto de los vientos.

En la sala de máquinas, concretamente, los elementos antivibratorios se deberán instalar a la salida de las tuberías de la misma.

En la sala de máquinas deberá figurar el esquema de principio de la instalación, dividido en uno o más planos, según el tamaño de los mismos.

Las instrucciones de seguridad, manejo y mantenimiento de la instalación deberán estar disponibles en cualquier momento, junto con la memoria técnica, los planos y los manuales de todos los equipos.

7.8. Condiciones específicas de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir los generadores de calor y de sus instalaciones auxiliares y anexas

7.8.1. Condiciones acústicas a satisfacer y contemplar en el montaje de los elementos

Los equipos se instalarán sobre soportes elásticos anti vibratorios cuando se trate de equipos pequeños y compactos. Cuando se trate de equipos que no posean una base propia y necesiten la alineación de sus componentes (por ejemplo, motor y ventilador o bomba), se necesitará una bancada suficientemente rígida para soportar los esfuerzos causados por el movimiento y de masa e inercia suficiente para evitar el paso de vibraciones al edificio.

Los equipos se conectarán a las conducciones mediante conexiones flexibles.

No se instalarán silenciadores en salidas de humos de calderas o de laboratorios por el enorme riesgo de ensuciamiento.

Las bombas deben instalarse de manera que la presión absoluta del fluido en la boca de succión sea siempre mayor que la presión de saturación del fluido a la temperatura de funcionamiento, para evitar que las burbujas de vapor colapsen y, en consecuencia, se produzcan ruidos y la eventual destrucción del rodete.

Se evitará el paso de las vibraciones de las conducciones a los elementos constructivos mediante sistemas anti vibratorios como pasamuros, coquillas, manguitos elásticos, abrazaderas y suspensiones elásticas.

Para las tuberías empotradas se emplearán siempre envolturas elásticas.

Las tuberías vistas estarán recubiertas por un material que proporcione un aislamiento acústico a ruido aéreo mayor que 15 dB.

El anclaje de tubería se realizará a elementos constructivos de masa unitaria mayor que 150 kg/m².

En conductos vistos se amortiguará adecuadamente la transmisión de ruido aéreo.

Los sistemas de conductos para el transporte de aire de ventilación y de acondicionamiento estarán aislados del ruido generado por los ventiladores y la misma circulación de aire mediante revestimientos interiores de material absorbente, y/o atenuadores acústicos, dimensionados de manera que la atenuación sea mayor que 40 dB a la llegada a los elementos de difusión y retorno de aire.

Se evitará el empleo de revestimientos interiores en conductos de chapa por las siguientes razones:

- Dificultad que presentan para la instalación de registros de inspección, según la norma UNE-EN 12097.
- Dificultad para efectuar las operaciones de limpieza interior.

La difusión y el retorno de aire en los locales se harán mediante unidades terminales diseñadas de manera que el nivel generado de potencia sonora no supere los valores indicados en la ecuación (3.36) del apartado 3.4.3.2 del CTE.

7.8.2. Instalación de calefacción

Todos los equipos y componentes deben ser fácilmente accesibles para la revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección.

Las calderas y bombas de calor quedarán bien ancladas a los soportes, disponiendo de los mecanismos necesarios para que no transmitan ruidos ni vibraciones, cumpliendo además lo expuesto en la condición acústica anterior.

La evacuación de los productos de la combustión se realizará siempre por la cubierta del edificio, empleándose una chimenea metálica prefabricada, de sección circular, debidamente aislada cuando se trate de calderas convencionales y de baja temperatura.

Las terminaciones de las chimeneas será de tal manera que se favorezca la dispersión de los productos de la combustión al exterior y, al mismo tiempo, se minimice la entrada del agua de lluvia.

Los tubos de calefacción se mantendrán a una distancia mínima de 25 cm. del resto de instalaciones, ejecutados con los recorridos más cortos posible evitando los cambios de dirección y sección. Se instalarán paralelos a la estructura o a escuadra, tendrán tres ejes perpendiculares, quedarán distanciados 3 cm de los paramentos y en caso de conductos para líquidos tendrán pendientes del 0,5 %. Todos los conductos quedarán aislados térmicamente según condiciones establecidas por el RITE.

Si las uniones entre conductos se realizan con brida, se colocará una junta fibrosa o elástica para garantizar la unión. Si las uniones se realizan con rosca, éstas se recubrirán con cáñamo, teflón, u otro material. Si las uniones se realizan mediante soldadura, se asegurará de que están limpios los elementos a unir.

Las válvulas quedarán colocadas en lugares accesibles.

Las cubetas de depósitos de superficie tendrán el fondo impermeable y con inclinación hacia una tubería de evacuación. Los depósitos de superficie en interiores estarán situados en locales ventilados, colocados sobre tacos de hormigón, y distanciados de la pared un mínimo de 10 cm.

Las unidades terminales de sistemas mixtos de cualquier tipo tendrán válvulas de cierre a la entrada y a la salida del fluido portador para poder efectuar cambios de distribución u operaciones de mantenimiento.

Las unidades terminales deberán ser fácilmente accesibles para su limpieza, desinfección, mantenimiento y reparación o sustitución.

9.2.2 Prescripciones en cuanto a la ejecución por unidades de obra y Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado

8. Precauciones a adoptar

Las precauciones a adoptar durante la construcción de la obra serán las previstas por la Ordenanza de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

CONTROL DE LA OBRA

Anexos

ANEXO 1. DB-HE AHORRO DE ENERGÍA

1. Condiciones técnicas exigibles a los materiales aislantes

Serán como mínimo las especificadas en el cálculo del coeficiente de transmisión térmica de calor. A tal efecto, y en cumplimiento del artículo 4.1 del DB-HE-1 del CTE, el fabricante garantizará a los valores de las características higrotérmicas, que a continuación se señalan:

- Conductividad térmica: definida con el procedimiento o método de ensayo que en cada caso establezca la norma UNE correspondiente.
- Densidad aparente: se indicará a la densidad aparente de cada uno de los tipos de productos fabricados.
- Permeabilidad al vapor de agua: deberá indicarse para cada tipo, con indicación del método de ensayo para cada tipo de material establezca la norma UNE correspondiente.
- Absorción de agua por volumen: para cada uno de los tipos de productos fabricados.
- Otras propiedades: en cada caso concreto según criterio de la dirección facultativa, en función del empleo y condiciones en que se vaya a colocar el material aislante, podrá además exigirse:
 - Resistencia a la compresión.
 - Resistencia a la flexión.
 - Envejecimiento ante la humedad, el calor y las radiaciones.
 - Deformación bajo carga (módulo de elasticidad).
 - Comportamiento frente a parásitos.
 - Comportamiento frente a agentes químicos.
 - Comportamiento frente al fuego.

2. Control, recepción y ensayos de los materiales aislantes

En cumplimiento del artículo 4.3 del DB-HE 1 del CTE, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- El suministro de los productos será objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, ajustado a las condiciones particulares que figuran en el presente proyecto.
- El fabricante garantizará las características mínimas exigibles a los materiales, para lo cual, realizará los ensayos y controles que aseguran el autocontrol de su producción.
- Todos los materiales aislantes a emplear vendrán avalados por sello o marca de calidad, por lo que podrá realizarse su recepción, sin necesidad de efectuar comprobaciones o ensayos.

3. Ejecución

Deberá realizarse conforme a las especificaciones de los detalles constructivos, contenidos en los planos del presente proyecto complementados con las instrucciones que la dirección facultativa dicte durante la ejecución de las obras.

4. Obligaciones del constructor

El constructor realizará y comprobará los pedidos de los materiales aislantes de acuerdo con las especificaciones del presente proyecto.

5. Obligaciones de la dirección facultativa

La dirección facultativa de las obras, comprobará que los materiales recibidos reúnen las características exigibles, así como que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con las especificaciones del presente proyecto, en cumplimiento de los artículos 4.3 y 5.2 del DB-HE-1 del CTE.

ANEXO 2. NBE-CA-88 CONDICIONES ACÚSTICAS DE LOS EDIFICIOS

1. Características básicas exigibles a los materiales

El fabricante indicará la densidad aparente, y el coeficiente de absorción, f , para las frecuencias preferentes y el coeficiente medio de absorción, m , del material. Podrán exigirse además datos relativos a aquellas propiedades que puedan interesar en función del empleo y condiciones en que se vaya a colocar el material en cuestión.

2. Presentación, medidas y tolerancias

Los materiales de uso exclusivo como aislantes o como acondicionantes acústicos, en sus distintas formas de presentación, se expedirán en embalajes que garanticen su transporte sin deterioro hasta su destino, debiendo indicarse en el etiquetado las características señaladas en los apartados anteriores. Así mismo el fabricante indicará en la documentación técnica de sus productos las dimensiones y tolerancias de los mismos.

Para los materiales fabricados "in situ", se darán las instrucciones correspondientes para su correcta ejecución, que deberá correr a cargo de personal especializado, de modo que se garanticen las propiedades especificadas por el fabricante.

3. Garantía de las características

El fabricante garantizará las características acústicas básicas señaladas anteriormente. Esta garantía se materializará mediante las etiquetas o marcas que preceptivamente deben llevar los productos según el epígrafe anterior.

4. Control, recepción y ensayo de los materiales

4.1. Suministro de los materiales

Las condiciones de suministro de los materiales, serán objeto de convenio entre el consumidor y el fabricante, ajustándose a las condiciones particulares que figuren en el proyecto de ejecución.

Los fabricantes, para ofrecer la garantía de las características mínimas exigidas anteriormente en sus productos, realizarán los ensayos y controles que aseguren el autocontrol de su producción.

4.2. Materiales con sello o marca de calidad

Los materiales que vengan avalados por sellos o marca de calidad, deberán tener la garantía por parte del fabricante del cumplimiento de los requisitos y características mínimas exigidas en esta norma para que pueda realizarse su recepción sin necesidad de efectuar comprobaciones o ensayos.

4.3. Composición de las unidades de inspección

Las unidades de inspección estarán formadas por materiales del mismo tipo y proceso de fabricación. La superficie de cada unidad de inspección, salvo acuerdo contrario, la fijará el consumidor.

4.4. Toma de muestras

Las muestras para la preparación de probetas utilizadas en los ensayos se tomarán de productos de la unidad de inspección sacados al azar.

La forma y dimensión de las probetas serán las que señale para cada tipo de material la norma de ensayo correspondiente.

4.5. Normas de ensayo

Las normas UNE que a continuación se indican se emplearán para la realización de los ensayos correspondientes. Así mismo se emplearán en su caso las normas UNE que la comisión técnica de aislamiento acústico del IRANOR CT-74, redacte con posterioridad a la publicación de esta NBE.

- Ensayo de aislamiento a ruido aéreo: UNE 74040/I, UNE 74040/II, UNE 74040/III, UNE 74040/IV y UNE 74040/V.
- Ensayo de aislamiento a ruido de impacto: UNE 74040/VI, UNE 74040/VII y UNE 74040/VIII.
- Ensayo de materiales absorbentes acústicos: UNE 70041.
- Ensayo de permeabilidad de aire en ventanas: UNE 85-20880.

5. Laboratorios de ensayos

Los ensayos citados, de acuerdo con las normas UNE establecidas, se realizarán en laboratorios reconocidos a este fin por el ministerio correspondiente.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/17**

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

ESTADO DE MEDICIONES

ÍNDICE

10 ESTADO DE MEDICIONES.....	205
10.1 Instalación de Iluminación.....	205
10.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales	208
10.3 Instalación de Calefacción	213

10 ESTADO DE MEDICIONES

10.1 Instalación de Iluminación

Descripción	
Luminaria: Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840 Lámpara LED Module o similar con una potencia de 22 W, flujo luminoso 2800 Lm, eficiencia luminosa 137 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	382

Descripción	
Luminaria: Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O Lámpara LED Module o similar con una potencia de 19,8 W, flujo luminoso 2300 Lm, eficiencia luminosa 122 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	167

Descripción	
Luminaria: Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB Lámpara LED Module o similar con una potencia de 16,4 W, flujo luminoso 2323 Lm, eficiencia luminosa 141 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	220

Descripción	
Luminaria: Philips WT470C L700 1xLED 23S/840 O Lámpara LED Module o similar con una potencia de 16,4 W, flujo luminoso 2250 Lm, eficiencia luminosa 141 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	7

Descripción	
Luminaria: Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO Lámpara LED Module o similar con una potencia de 38,5 W, flujo luminoso 4100 Lm, eficiencia luminosa 121 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	879

Descripción	
Luminaria: Philips RS343B 1 xLED27S/840 MB Lámpara LED Module o similar con una potencia de 24 W, flujo luminoso 2700 Lm, eficiencia luminosa 113 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	21

Descripción	
Luminaria: Philips DN130B D165 1xLED10S/840 Lámpara LED Module o similar con una potencia de 11,6 W, flujo luminoso 1100 Lm, eficiencia luminosa 100 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	31

Descripción	
Sensor de movimiento 360° Sensor de movimiento marca Legrand adosado al techo. Características: tecnología doble infrarrojo 360°, alcance máximo 2x12 metros, con protección IP20. Altura de montaje de 2 a 4 metros. Ideal para zonas comunes. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	55

Descripción	
Sensor de regulación intensidad luminosa Sistema automático de ahorro de energía para luminarias, modelo RE DMS DA4 o similar, que aplica automáticamente a las lámparas el nivel de luminosidad requerido para mantener un nivel mínimo establecido previamente, compensando la luz natural en todo momento. Características: incorpora sensor de movimiento (PIR), dos modos de funcionamiento, automático (Regulación automática + Detección de Movimiento) ó regulación automática (sin Detección de Movimiento), posibilidad de ajustar el nivel mínimo de regulación, evitando que se apaguen por completo las luminarias. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	19

Descripción	
Cable Prysmian Afumex Plus 750 V (AS) Cable Prysmian o similar con aislamiento ES07Z1-K de sección 1,5mm ² en tubo PVC, flexible, libre de halógenos, no propagador de llama, baja emisión de humos opacos. Utilizado para circuito de alumbrado 2 x (1x1,5mm ²) + TT. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	2.000

10.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales

Descripción	
Depósito Plarex 20.000 litros Depósito para acumulación de aguas pluviales con capacidad para 20.000 litros. Dimensiones de 2,5 metros de alto y 4,1 m de largo. Fabricados en PRFV (Poliéster reforzado con fibra de vidrio), aptos para ser enterrados. Provisto de 1 Boca de hombre superior dn450 , rosca de carga, rosca de aireación y rosca de descarga de 2", incluso de excavación, base de hormigón de 30 cm de espesor y relleno de arena. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN12 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 12 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	27

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN40 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 40 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	126

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN50 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 50 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	6

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN63 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 63 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	16

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN90 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 90 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	63

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN110 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 110 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	355

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	9

Descripción	
Válvula de Retención Válvula de retención universal hembra marca Salvador Escoda para tubería de 1/2" de rosca. Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	9

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 1 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	42

Descripción	
Válvula de Retención Válvula de retención universal hembra marca Salvador Escoda para tubería de 1 1/2" de rosca. Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	42

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 2 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 3 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 4 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	10

Descripción	
Válvula de Retención Válvula de retención universal hembra marca Salvador Escoda para tubería de 4 1/2" de rosca. Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Racor macho Uponor RS2 Accesorios Uponor modulares para tuberías MLCP de diámetros inferiores a 75 mm. Los cuerpos (RS) se pueden utilizar para varias dimensiones de tubería y son compatibles con la tubería multicapa Uponor MLCP. Cuerpo de latón. Fittings de latón con casquillo de acero inoxidable. Certificado AENOR de Sistema en cumplimiento de la norma UNE EN ISO 21003. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	212

Descripción	
Racor macho Uponor RS3 Accesorios Uponor de grandes dimensiones modulares para tubería MLCP de diámetros 90 - 110 mm. Los cuerpos (RS) se pueden utilizar para varias dimensiones de tubería y son compatibles con la tubería multicapa Uponor MLCP. Cuerpo de latón. Fittings de latón con casquillo de acero inoxidable. Certificado AENOR de Sistema en cumplimiento de la norma UNE EN ISO 21003. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	18

Descripción	
Filtro Agua Pluvial Filtro optimax industrial externo marca Graft. Filtro universal para eliminación de partículas solidas presentes en la recogida de agua pluvial. Características: filtro autolimpiante con un rendimiento del 95% de aprovechamiento del agua, profundidad de instalación entre 570-1050 mm, transitable por personas gracias a su cubierta de PE, cierre de seguridad para niños, hermético hasta nivel del suelo, apto para sistemas de drenaje. Capacidad máxima de 1500 m², diámetro máximo 850 mm. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	4

Descripción	
Contador de agua Contador de agua marca Woltmann modelo CWOLT. Características: caudal nominal de 100 m³/h, longitud de 250 mm, apto para agua fría hasta 30°C, diámetro nominal 125 mm. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Grupo de presión Grupo de presión marca Ebara, modelo APG 32-3-1-3 (VV)(ED), formado por 3 bombas verticales de 7,5 cv de potencia, 3 unidades de control E-DRIVE, depósito hidroneumático de 20 l, manómetros, transductores de presión, válvulas de corte y retención, colector de impulsión en acero y bancada metálica. Caudal máximo de 105 m³/s y altura de 35 m. Características: protección del motor frente a sobrecargas y marcha en seco, arranques y paradas suaves (soft start y soft stop), indicación de la corriente absorbida y de la tensión de alimentación, registro de las horas de funcionamiento y de las posibles alarmas. estructura de aluminio que confiere solidez y fácil enfriamiento, grado de protección IP55, señales acústicas. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

10.3 Instalación de Calefacción

Descripción	
Caldera biomasa Caldera de biomasa policomcombustible, modelo Herz Firematic 149 kW, con un rendimiento del 95%, regulación T-Control y un rango de potencias desde 36,7 a 149 kW. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Tubo conexión 400 V Tubo conector Herz para modelo Firematic 130-201, con inclinación de 0 a 35°. Encargado de conectar el extractor elevación con la caldera. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Extractor elevación Extractor elevador vertical Herz para modelo Firematic 20-201 con motorización independiente (para L=1,2 m) y una inclinación de 15 a 30°. Encargado de depositar el combustible de entrada en la caldera. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Disco Rotativo Disco rotatorio para extractor rotativo, con motor para alimentación trifásica a 400 V, conexión a caldera y engranajes, para sistema de alimentación de caldera de biomasa, Herz modelo Firematic 130 - 201. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Extractor Rotativo Extractor rotativo de 3 m de diámetro, formado por ballestas y transportador helicoidal sinfín, para sistema de alimentación de caldera de biomasa, Herz modelo Firematic 130 - 201. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Alargamiento sinfín horizontal Transportador helicoidal sinfín cerrado para sistema de alimentación de caldera de biomasa, Herz modelo Firematic 130 - 201. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	9

Descripción	
Kit básico para sistema de llenado vertical. Sistema para el llenado del silo mediante tolva vertical. Kit formado por: 2 motores de 4 kW, un motor de 5,5 kW, cubierta del motor para instalaciones en intemperie, conexión con sinfín horizontal D = 260 mm, L = 0.25 m , compartimento de transición entre vertical y horizontal, sinfín vertical con núcleo D = 300 mm, accesorios de montaje, registro de inspección y ganchos de transporte caldera. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Armario eléctrico Armario eléctrico para 3 motores. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Kit básico módulo de llenado Módulo de llenado con canal de 1,2 m para silos versión derecha, sinfín de D=260 mm, para modelo Firematic 149. Accesorios y elementos de fijación incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Alargo sinfín horizontal Alargo sinfín horizontal para llenado de silos formado por tubo de D=297 mm y sinfín de D=260 mm con una longitud de 0,5 m para versión derecha. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Sinfín vertical Sinfín vertical para llenado de silos formado por un tubo de D= 397 mm y un sinfín de D = 300 mm con 2 tramos de una longitud de 1,5 m por tramo para poder alcanzar una altura total de 3 m. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Sinfín horizontal Sinfín horizontal formado por un tubo de D = 347 mm y un sinfín de D = 300 mm con una longitud de 0,5 m. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Sinfín de llenado de silo Sinfín horizontal de llenado de silo con D = 300 mm. Encargado de distribuir de forma óptima el combustible, astillas en nuestro caso, por toda la superficie del silo. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	8

Descripción	
Soporte intermedio Soporte intermedio para sinfín horizontal de llenado de silo. Necesario a partir de longitudes superiores a 5 m. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1

Descripción	
Depósito de inercia Depósito de inercia para calderas de biomasa. Modelo Herz PUB 3000 con aislamiento incluido. Características: capacidad de 3000 litros, diámetro de 1.450 mm, altura de 2.644 mm, peso 280 kg. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Tubería de Acero al Carbono Tubería de acero negro al carbono sin soldadura, aislamiento incluido, según norma EN 10255 Series M y H S 195T (DIN 2440/DIN 2441) de 60,3 mm de diámetro y 2" de rosca. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m.	15

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón para tubería de rosca 2", marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	20

Descripción	
Válvula de Retención Válvula de retención universal marca Salvador Escoda para tubería de rosca 2". Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	16

Descripción	
Intercambiador de placas Intercambiador de placas de acero inoxidable AISI 316, potencia 150 kW, presión máxima de trabajo 6 bar y temperatura máxima de 100°C, incluidas válvulas de corte, manómetros, termómetros, elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Válvula de Tres Vías Válvula de tres vías mezcladora, motorizada y con purgador de latón, marca Salvador Escoda para tubería de rosca 2". Características: presión máxima 16 bar, temperatura máxima 130°C. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Válvula de Seguridad Válvula de seguridad de presión regulable marca Salvador Escoda para tuberías de rosca 2". Características: campana de latón, pie de latón, obturador de teflón. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Vaciado Embudo para descarga o vaciado, de paso recto con cuerpo de latón para tubería de rosca 2" marca Salvador Escoda. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Módulo de ampliación depósito inercia Módulo de ampliación para depósito de inercia Herz T-Control. Incluye 4 entradas para sondas PT 100, temperatura de depósito superior, medio, inferior y exterior y 3 salidas de Relés 230VAC. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2

Descripción	
Sonda de temperatura Sonda de temperatura PT100 de la marca WIKA. Características: termómetro de resistencia, Pt100 clase A, 4 hilos, rango de medición de -50 a 200 °C, tiempo de reacción: (T05/T09): 2,7/7,0 s, diámetro de la sonda: 6 mm. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	8

Descripción	
Construcción y reforma Construcción del silo destinado a almacenar el combustible (astillas) y reforma del espacio a sala de calderas. Movimiento de tierras, material de construcción necesario, cimentación, estructura, cubierta, acabados exterior e interior, instalación eléctrica incluidas. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m².	30



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE MÁSTER
CURSO 2016/17**

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

PRESUPUESTO

ÍNDICE

11 PRESUPUESTO	225
11.1 Instalación de Iluminación	225
11.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales	228
11.3 Instalación de Calefacción	235
11.4 Resumen del Presupuesto	244

11 PRESUPUESTO

11.1 Instalación de Iluminación

Descripción	
Luminaria: Philips SM461V W57L57 1xLED 28S/840 Lámpara LED Module o similar con una potencia de 22 W, flujo luminoso 2800 Lm, eficiencia luminosa 137 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	382
Precio	68,2 €
Total	26.056,4 €

Descripción	
Luminaria: Philips WT460C L700 1xLED 23S/840 O Lámpara LED Module o similar con una potencia de 19,8 W, flujo luminoso 2300 Lm, eficiencia luminosa 122 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	167
Precio	21,9 €
Total	3.657,3 €

Descripción	
Luminaria: Philips WT470C L1300 1xLED 23S/840 VWB Lámpara LED Module o similar con una potencia de 16,4 W, flujo luminoso 2323 Lm, eficiencia luminosa 141 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	220
Precio	19,8 €
Total	4.356 €

Descripción	
Luminaria: Philips WT470C L700 1xLED 23S/840 O Lámpara LED Module o similar con una potencia de 16,4 W, flujo luminoso 2250 Lm, eficiencia luminosa 141 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	7
Precio	17,7 €
Total	123,9 €

Descripción	
Luminaria: Philips SP482P W24L134 1xLED40S/840 ACC-MLO Lámpara LED Module o similar con una potencia de 38,5 W, flujo luminoso 4100 Lm, eficiencia luminosa 121 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	879
Precio	165,8 €
Total	145.738,2 €

Descripción	
Luminaria: Philips RS343B 1 xLED27S/840 MB Lámpara LED Module o similar con una potencia de 24 W, flujo luminoso 2700 Lm, eficiencia luminosa 113 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática mayor o igual de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	21
Precio	47,5 €
Total	997,5 €

Descripción	
Luminaria: Philips DN130B D165 1xLED10S/840 Lámpara LED Module o similar con una potencia de 11,6 W, flujo luminoso 1100 Lm, eficiencia luminosa 100 Lm/W, temperatura de color 4000 K e índice de reproducción cromática de 80. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	31
Precio	21,6 €
Total	669,6 €

Descripción	
Sensor de movimiento 360º Sensor de movimiento marca Legrand adosado al techo. Características: tecnología doble infrarrojo 360º, alcance máximo 2x12 metros, con protección IP20. Altura de montaje de 2 a 4 metros. Ideal para zonas comunes. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	55
Precio	46,06 €
Total	2.533,3 €

Descripción	
Sensor de regulación intensidad luminosa Sistema automático de ahorro de energía para luminarias, modelo RE DMS DA4 o similar, que aplica automáticamente a las lámparas el nivel de luminosidad requerido para mantener un nivel mínimo establecido previamente, compensando la luz natural en todo momento. Características: incorpora sensor de movimiento (PIR), dos modos de funcionamiento, automático (Regulación automática + Detección de Movimiento) ó regulación automática (sin Detección de Movimiento), posibilidad de ajustar el nivel mínimo de regulación, evitando que se apaguen por completo las luminarias. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	20
Precio	147,95 €
Total	2.959 €

Descripción	
Cable Prysmian Afumex Plus 750 V (AS) Cable Prysmian o similar con aislamiento ES07Z1-K de sección 1,5mm ² en tubo PVC, flexible, libre de halógenos, no propagador de llama, baja emisión de humos opacos. Utilizado para circuito de alumbrado 2 x (1x1,5mm ²) + TT. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	2.000
Precio	1,63 €
Total	3.260 €

Instalación de Iluminación	189.925,5 €
-----------------------------------	--------------------

11.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales

Descripción	
Depósito Plarex 20.000 litros Depósito para acumulación de aguas pluviales con capacidad para 20.000 litros. Dimensiones de 2,5 metros de alto y 4,1 m de largo. Fabricados en PRFV (Poliéster reforzado con fibra de vidrio), aptos para ser enterrados. Provisto de 1 Boca de hombre superior dn450 , rosca de carga, rosca de aireación y rosca de descarga de 2", incluso de excavación, base de hormigón de 30 cm de espesor y relleno de arena. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	4.269,95 €
Total	8.539,9 €

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN12 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 12 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	27
Precio	0,95 €
Total	25,65 €

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN40 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 40 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	126
Precio	2,11 €
Total	265,86 €

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN50 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 50 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	6
Precio	1,55 €
Total	9,3 €

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN63 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 63 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	16
Precio	4,97 €
Total	79,52 €

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN90 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 90 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	63
Precio	10,39 €
Total	654,57 €

Descripción	
Tubería UPONOR MLCP DN110 Tubería UPONOR MLCP, fabricada según norma UNE 53960:2002 EX de 110 mm de diámetro exterior. Constituida por una capa exterior de polímero, una capa intermedia de aluminio (Al) y una capa interior de polietileno resistente a la temperatura (PERT) es de fácil colocación, con aislamiento y sin soldaduras. 100% barrera antidifusión de oxígeno y baja expansión. Ligera, flexible, compatible con accesorios fabricados en PPSU y latón. Ideal para instalaciones vistas. Accesorios incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	355
Precio	14,74 €
Total	5.232,7 €

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	9
Precio	5,34 €
Total	48,06 €

Descripción	
Válvula de Retención Válvula de retención universal hembra marca Salvador Escoda para tubería de 1/2" de rosca. Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	9
Precio	4,59 €
Total	41,31 €

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 1 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	42
Precio	30,6 €
Total	1.285,2 €

Descripción	
Válvula de Retención	
Válvula de retención universal hembra marca Salvador Escoda para tubería de 1 1/2" de rosca. Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	42
Precio	17,74 €
Total	745,08 €

Descripción	
Válvula de Corte	
Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 2 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	85,42 €
Total	85,42 €

Descripción	
Válvula de Corte	
Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 3 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	119 €
Total	119 €

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón hembra para tubería de 4 1/2" de rosca, marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	10
Precio	184,56 €
Total	1.845,6 €

Descripción	
Válvula de Retención Válvula de retención universal hembra marca Salvador Escoda para tubería de 4 1/2" de rosca. Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	123,06 €
Total	246,12 €

Descripción	
Racor macho Uponor RS2 Accesorios Uponor modulares para tuberías MLCP de diámetros inferiores a 75 mm. Los cuerpos (RS) se pueden utilizar para varias dimensiones de tubería y son compatibles con la tubería multicapa Uponor MLCP. Cuerpo de latón. Fittings de latón con casquillo de acero inoxidable. Certificado AENOR de Sistema en cumplimiento de la norma UNE EN ISO 21003. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	212
Precio	0,14 €
Total	29,68 €

Descripción	
Racor macho Uponor RS3	
Accesorios Uponor de grandes dimensiones modulares para tubería MLCP de diámetros 90 - 110 mm. Los cuerpos (RS) se pueden utilizar para varias dimensiones de tubería y son compatibles con la tubería multicapa Uponor MLCP. Cuerpo de latón. Fittings de latón con casquillo de acero inoxidable. Certificado AENOR de Sistema en cumplimiento de la norma UNE EN ISO 21003.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	18
Precio	0,26 €
Total	4,68 €

Descripción	
Grupo de presión	
Grupo de presión marca Ebara, modelo APG 32-3-1-3 (VV)(ED), formado por 3 bombas verticales de 7,5 cv de potencia, 3 unidades de control E-DRIVE, depósito hidroneumático de 20 l, manómetros, transductores de presión, válvulas de corte y retención, colector de impulsión en acero y bancada metálica. Caudal máximo de 105 m³/s y altura de 35 m. Características: protección del motor frente a sobrecargas y marcha en seco, arranques y paradas suaves (soft start y soft stop), indicación de la corriente absorbida y de la tensión de alimentación, registro de horas y de posibles alarmas, estructura de aluminio, grado de protección IP55.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	5.976 €
Total	5.976 €

Descripción	
Filtro Agua Pluvial	
Filtro optimax industrial externo marca Graft. Filtro universal para eliminación de partículas solidas presentes en la recogida de agua pluvial. Características: filtro autolimpiante con un rendimiento del 95% de aprovechamiento del agua, profundidad de instalación entre 570-1050 mm, transitable por personas gracias a su cubierta de PE, cierre de seguridad para niños, hermético hasta nivel del suelo, apto para sistemas de drenaje. Capacidad máxima de 1500 m², diámetro máximo 850 mm.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	4
Precio	34,95 €
Total	139,8 €

Descripción	
Contador de agua Contador de agua marca Woltmann modelo CWOLT. Características: caudal nominal de 100 m³/h, longitud de 250 mm, apto para agua fría hasta 30°C, diámetro nominal 125 mm. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	687,3 €
Total	687,3 €

Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales	26.060,75 €
--	-------------

11.3 Instalación de Calefacción

Descripción	
Caldera biomasa Caldera de biomasa policombustible, modelo Herz Firematic 149 kW, con un rendimiento del 95%, regulación T-Control y un rango de potencias desde 36,7 a 149 kW. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	29.042 €
Total	58.084 €

Descripción	
Tubo conexión 400 V Tubo conector Herz para modelo Firematic 130-201, con inclinación de 0 a 35°. Encargado de conectar el extractor elevación con la caldera. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	81 €
Total	162 €

Descripción	
Extractor elevación Extractor elevador vertical Herz para modelo Firematic 20-201 con motorización independiente (para L=1,2 m) y una inclinación de 15 a 30°. Encargado de depositar el combustible de entrada en la caldera. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	1.791 €
Total	3.582 €

Descripción	
Disco Rotativo Disco rotatorio para extractor rotativo, con motor para alimentación trifásica a 400 V, conexión a caldera y engranajes, para sistema de alimentación de caldera de biomasa, Herz modelo firematic 130 - 201. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	2.583,2 €
Total	2.583,2 €

Descripción	
Extractor Rotativo Extractor rotativo de 3 m de diámetro, formado por ballestas y transportador helicoidal sinfín, para sistema de alimentación de caldera de biomasa, Herz modelo firematic 130 - 201. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	1.120,8 €
Total	1.120,8 €

Descripción	
Alargamiento sinfín horizontal	
Transportador helicoidal sinfín cerrado para sistema de alimentación de caldera de biomasa, Herz modelo Firematic 130 - 201.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	9
Precio	333 €
Total	2.997 €

Descripción	
Kit básico para sistema de llenado vertical.	
Sistema para el llenado del silo mediante tolva vertical. Kit formado por: 2 motores de 4 kW, un motor de 5,5 kW, cubierta del motor para instalaciones en intemperie, conexión con sinfín horizontal D = 260 mm, L = 0.25 m , compartimento de transición entre vertical y horizontal, sinfín vertical con núcleo D = 300 mm, accesorios de montaje, registro de inspección y ganchos de transporte caldera.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	8.516 €
Total	8.516 €

Descripción	
Armario eléctrico	
Armario eléctrico para 3 motores.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	1.977 €
Total	1.977 €

Descripción	
Kit básico módulo de llenado Módulo de llenado con canal de 1,2 m para silos versión derecha, sinfín de D=260 mm, para modelo Firematic 149. Accesorios y elementos de fijación incluidos. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	841 €
Total	841 €

Descripción	
Alargo sinfín horizontal Alargo sinfín horizontal para llenado de silos formado por tubo de D=297 mm y sinfín de D=260 mm con una longitud de 0,5 m para versión derecha. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	298 €
Total	298 €

Descripción	
Sinfín vertical Sinfín vertical para llenado de silos formado por un tubo de D= 397 mm y un sinfín de D = 300 mm con 2 tramos de una longitud de 1,5 m por tramo para poder alcanzar una altura total de 3 m. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	625 €
Total	1.250 €

Descripción	
Sinfín horizontal Sinfín horizontal formado por un tubo de D = 347 mm y un sinfín de D = 300 mm con una longitud de 0,5 m. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	328 €
Total	328 €

Descripción	
Sinfín de llenado de silo Sinfín horizontal de llenado de silo con D = 300 mm. Encargado de distribuir de forma óptima el combustible, astillas en nuestro caso, por toda la superficie del silo. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m	8
Precio	298 €
Total	2.384 €

Descripción	
Soporte intermedio Soporte intermedio para sinfín horizontal de llenado de silo. Necesario a partir de longitudes superiores a 5 m. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	1
Precio	357 €
Total	357 €

Descripción	
Depósito de inercia Depósito de inercia para calderas de biomasa. Modelo Herz PUB 3000 con aislamiento incluido. Características: capacidad de 3000 litros, diámetro de 1.450 mm, altura de 2.644 mm, peso 280 kg. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	4.385 €
Total	8.770 €

Descripción	
Tubería de Acero al Carbono Tubería de acero negro al carbono sin soldadura, aislamiento incluido, según norma EN 10255 Series M y H S 195T (DIN 2440/DIN 2441) de 60,3 mm de diámetro y 2" de rosca. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m.	15
Precio	27,86 €
Total	417,9 €

Descripción	
Válvula de Corte Válvula de esfera de latón para tubería de rosca 2", marca Salvador Escoda. Características: válvula de cierre rápido (1/4" de vuelta), de paso total, presión máxima 25 bar, temperaturas -10/+130 °C. Garantizado para el uso de instalaciones de agua fría, caliente y aire comprimido. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	20
Precio	43,4 €
Total	868 €

Descripción	
Válvula de Retención	
Válvula de retención universal marca Salvador Escoda para tubería de rosca 2". Características: cuerpo de latón, disco de nylon, junta de cierre NBR y muelle de acero inoxidable AISI 304. Temperatura máxima 90°C.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	16
Precio	27,29 €
Total	436,64 €

Descripción	
Intercambiador de placas	
Intercambiador de placas de acero inoxidable AISI 316, potencia 150 kW, presión máxima de trabajo 6 bar y temperatura máxima de 100°C, incluidas válvulas de corte, manómetros, termómetros, elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	1.408,23 €
Total	2.816,46 €

Descripción	
Válvula de Tres Vías	
Válvula de tres vías mezcladora, motorizada y con purgador de latón, marca Salvador Escoda para tubería de rosca 2". Características: presión máxima 16 bar, temperatura máxima 130°C.	
Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	317,18 €
Total	634,36 €

Descripción	
Válvula de Seguridad Válvula de seguridad de presión regulable marca Salvador Escoda para tuberías de rosca 2". Características: campana de latón, pie de latón, obturador de teflón. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	159,25 €
Total	318,5 €

Descripción	
Vaciado Embudo para descarga o vaciado, de paso recto con cuerpo de latón para tubería de rosca 2" marca Salvador Escoda. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	74,96 €
Total	149,92 €

Descripción	
Módulo de ampliación depósito inercia Módulo de ampliación para depósito de inercia Herz T-Control. Incluye 4 entradas para sondas PT 100, temperatura de depósito superior, medio, inferior y exterior y 3 salidas de Relés 230VAC. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	2
Precio	319 €
Total	638 €

11. PRESUPUESTO

Pablo Gómez Vidal

Descripción	
Sonda de temperatura Sonda de temperatura PT100 de la marca WIKA. Características: termómetro de resistencia, Pt100 clase A, 4 hilos, rango de medición de -50 a 200 °C, tiempo de reacción: (T05/T09): 2,7/7,0 s, diámetro de la sonda: 6 mm. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
Ud.	8
Precio	9,9 €
Total	79,2 €

Descripción	
Construcción y reforma Construcción del silo destinado a almacenar el combustible (astillas) y reforma del espacio a sala de calderas. Movimiento de tierras, material de construcción necesario, cimentación, estructura, cubierta, acabados exterior e interior, instalación eléctrica incluidas. Instalación incluida.	
Ud.	Medición
m².	30
Precio	160 €
Total	4.800 €

Instalación de Calefacción	103.770,98 €
-----------------------------------	---------------------

11.4 Resumen del Presupuesto

Instalación de iluminación	189.925,50 €
Instalación de almacenamiento y suministro de aguas pluviales	26.060,75 €
Instalación de calefacción	103.770,98 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	319.757,23€

13% GASTOS GENERALES	41.568,44 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	19.185,44 €

IMPORTE DE EJECUCIÓN	380.511,11 €
21% IVA	79.907,34 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	460.418,44 €
---	--------------

Asciende el presupuesto a la figurada cantidad de cuatrocientos sesenta mil cuatrocientos dieciocho euros con cuarenta y cuatro céntimos.

Ferrol, a 07 de Septiembre de 2017.

Fdo: Pablo Gómez Vidal.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2016/17

*ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS
INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA
UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

Máster en Ingeniería Industrial

Documento

ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

ÍNDICE

12 ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA.....	249
12.1 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	249
12.1.1 JUSTIFICACIÓN.....	249
12.1.2 INTRODUCCIÓN.....	249
12.1.3 METODOLOGÍA Y CONCEPTOS	249
12.1.4 CÁLCULOS	251
12.1.5 CONCLUSIONES	257
12.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	258
12.2.1 Memoria.....	258
12.2.2 Pliego de Condiciones	285

12 ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

12.1 ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

12.1.1 JUSTIFICACIÓN

Debido a las inversiones que hay que llevar a cabo para renovar las instalaciones diseñadas en los diferentes anexos del presente estudio, se cree conveniente realizar un estudio de viabilidad y comprobar su rentabilidad económica, ya que la rentabilidad energética está garantizada.

12.1.2 INTRODUCCIÓN

El análisis de proyectos de inversión tiene como objetivo principal el de maximizar los beneficios. Cuando se habla de evaluación económica de proyectos se hace referencia básicamente a cómo medir, comparar y clasificar alternativas de inversión. Por tanto, este análisis trata de dar respuesta a dos cuestiones:

- a) ¿Qué decisión debemos tomar acerca de un proyecto determinado?

Se trata, entonces, de analizar el grado de contribución del mismo al objetivo establecido y su finalidad es saber si se justifica económicamente la inversión.

- b) ¿Qué proyecto/s hay que elegir entre diversas alternativas? ¿cuántos proyectos deberán ser aceptados?

Cuando existen diversas alternativas de inversión para llevar a cabo, el análisis trata de medir el particular grado de contribución de cada alternativa al objetivo final, para establecer un orden de preferencias y realizar finalmente una asignación eficiente de los recursos realizando el mejor proyecto/s.

Con la evaluación económica se pretende asignar al proyecto un índice representativo de su particular contribución al objetivo financiero de la empresa, en función de una de las dimensiones siguientes:

- Liquidez, o capacidad del proyecto para transformar en dinero sus activos sin incurrir en pérdidas.
- Rentabilidad, o capacidad del proyecto para producir unas rentas.
- Riesgo, o incertidumbre de que no se cumplan las estimaciones sobre los parámetros del proyecto

12.1.3 METODOLOGÍA Y CONCEPTOS

La metodología tradicional empleada para llevar a cabo este análisis busca fundamentalmente asignar al proyecto un índice representativo de su liquidez (plazo de recuperación) y de su rentabilidad, ya sea en términos absolutos o relativos (VAN y TIR, respectivamente).

12.1.3.1 Valor Actual Neto (VAN o VNA)

El VAN se define como la diferencia entre la suma de todos los flujos de caja que se percibirán a lo largo de la vida útil de la inversión, actualizados al momento inicial, y el

capital invertido inicialmente. En otras palabras el VAN de una inversión es la suma actualizada de todos los flujos esperados de la misma, incluido el desembolso inicial.

Se trata de un criterio dinámico basado en la actualización de los flujos de caja o cash flow (FC o CF) con objeto de homogeneizarlos en el tiempo, teniendo en cuenta así la cuantía de los mismos y el momento en que son obtenidos. Ofrece una medida de la rentabilidad de la inversión en unidades monetarias, en términos absolutos.

Siendo k la tasa de descuento, la expresión que determina el VAN es:

$$VAN = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i}$$

Esta constituye la expresión tradicional del VAN, en la que la tasa de descuento es tomada como constante durante la vida de la inversión. Esta tasa representa la rentabilidad mínima a la que la empresa, o inversor, está dispuesta a invertir sus capitales, y como ya mencionamos, viene dada por el coste de oportunidad del capital.

Si un proyecto tiene un VAN igual a cero querrá decir que el proyecto genera los suficientes flujos de caja como para devolver el desembolso inicial de la inversión. Por tanto, un VAN positivo implica que se recupera el capital invertido, se percibe un interés k sobre la cantidad invertida, y, adicionalmente, percibe una cantidad igual, en términos absolutos, a su VAN.

12.1.3.2 Tasa Interna de Rentabilidad o Retorno (TIR)

La TIR se define como la tasa de descuento que anula la corriente total y actualizada de flujos de caja que genera la inversión; es decir, es la tasa de descuento que anula el VAN.

Ofrece una medida de la rentabilidad de la inversión en términos relativos; es decir, el rendimiento de la inversión en porcentaje sobre el capital invertido. Podríamos definir la TIR con mayor propiedad si decimos que es la tasa de interés compuesto al que permanecen invertidas las cantidades no retiradas del proyecto de inversión. Así, la expresión para calcular la TIR es la siguiente:

$$0 = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+TIR)^i}$$

Como podemos observar, r es una tasa interna o intrínseca de la inversión porque en su cálculo sólo intervienen los parámetros que define la misma. Ahora bien, aunque en el cálculo de la TIR no intervienen otros parámetros más que los propios de cada inversión, su interpretación como criterio para la toma de decisiones sí requiere de un valor de referencia para compararlo.

En la evaluación de un proyecto individual, sólo se aceptará su realización cuando su TIR es superior al coste de la financiación, es decir, a la rentabilidad que como mínimo exige la empresa a las inversiones que se plantea. Este valor es el que utiliza el criterio del VAN para actualizar los FC del proyecto, es decir, k . Por otro lado, en la jerarquización de un conjunto de inversiones, el criterio indica que es más preferible una inversión cuanto mayor sea su TIR.

Como hemos señalado, este criterio indica que se han de aceptar inversiones que ofrezcan tasas de rentabilidad superiores a sus costes de oportunidad del capital.

12.1.3.3 Período de Recuperación (PR)

El período de recuperación, o payback, es el período de tiempo (t^*) que ha de transcurrir para que la inversión se pague a sí misma; es decir, el tiempo que tarda el proyecto en recuperar o "amortizar" el desembolso inicial, o capital invertido inicialmente.

Se determina acumulando los sucesivos flujos de caja o cash flow (CF o FC), hasta que su suma cubra (sea igual o superior) el desembolso inicial. Tal y como se muestra en la siguiente fórmula, sería el período t^* , para el que el VAN es positivo:

$$\sum_{i=0}^{t^*} \frac{CF_i}{(1+k)^i} \geq 0$$

El payback simple es una de las medidas de liquidez de una inversión de mayor sencillez de cálculo y fácil comprensión. Normalmente no es utilizado como un índice a minimizar, sino más bien como una restricción a satisfacer; es decir, ante un conjunto de inversiones se trata de asegurar que los proyectos ofrezcan una cierta liquidez mínima y luego, entre las inversiones que cumplan este requisito, se seleccionarán las más preferidas según un criterio de rentabilidad adecuado. Pero en este caso, por no tener establecido un período de recuperación determinado, se tomará como un índice a minimizar.

Las limitaciones del criterio lo descalifican como método general de selección de inversiones si se utiliza de forma aislada, puesto que no refleja la rentabilidad del proyecto. Estas limitaciones son fundamentalmente dos: por un lado, la no consideración de los FC posteriores a la fecha de recuperación (les da una ponderación nula), y, por otro, el no tener en cuenta el momento del horizonte temporal en el que tienen lugar los flujos de caja (los pondera de igual forma).

12.1.4 CÁLCULOS

En primer lugar es necesario aclarar que aunque en los apartados anteriores se hable de términos generales de rentabilidad o tomas de decisión de proyecto, en nuestro caso particular estará referido a las instalaciones, ya que consideramos que es fundamental el paso previo que comprende un estudio de la rentabilidad de cada instalación antes de la evaluación del proyecto en general.

12.1.4.1 Definiciones Previas

Antes de mostrar los cálculos realizados para cada una de las instalaciones, es necesario definir los términos intermedios que se utilizarán para obtener los resultados:

- Valor remanente se calcula como la suma de todas las inversiones menos la suma de todas las amortizaciones.

$$\text{Valor Remanente} = \sum \text{Inversiones} - \sum \text{Amortizaciones}$$

- Amortización: consiste en ir registrando un gasto de manera periódica (anual normalmente), en nuestro caso el gasto es la inversión inicial necesaria para cada una de las instalaciones. Dado que su vida útil es de 25 años, cada año se amortiza un 4% de la inversión.
- Vida útil: es la duración estimada que un activo puede tener, cumpliendo correctamente con la función para la cual ha sido creado, en nuestro caso referido a la duración en perfectas condiciones para las que vienen preparadas las instalaciones.
- Beneficio Antes de Impuestos (BAI): es el resultado de restar al ahorro anual la amortización que se produce en ese año.

$$BAI = \text{Ahorro} - \text{Amortización}$$

En el caso en el que tengamos una subvención, como es nuestro último caso, esta subvención habría que sumarla también en el BAI, ya que forma parte de nuestros ingresos al igual que el ahorro.

- **Beneficio Después de Impuestos (BDI):** es lo que resulta de deducir los impuestos pagados al BAI, es por lo tanto el beneficio neto y real del que dispondremos. En este caso se han considerado unos impuestos del 25%.

$$BDI = BAI \cdot (1 - \text{Impuestos})$$

Esto es aplicable siempre y cuando el resultado del BAI sea positivo, en caso de ser negativo, no se aplicarían los impuestos.

- **Cash Flow operativo:** se calcula sumando al beneficio neto operativo (beneficio después de impuestos), la amortización.

$$CF_{\text{operativo}} = \text{Amortización} + BDI$$

- **Cash Flow Inversiones:** recoge el desembolso de la inversión realizado en el momento inicial o, si fuese el caso en periodos sucesivos, y el valor residual o remanente de la inversión.

$$CF_{\text{inversiones}} = \text{Valor Remanente} - \text{Inversión}$$

- **Cash Flow o Flujo de Caja:** es el resultado total obtenido de la suma del cash flow de inversiones y el cash flow operativo

$$CF = CF_{\text{inversiones}} + CF_{\text{operativo}}$$

12.1.4.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales

Para poder realizar los cálculos y evaluar la rentabilidad de la instalación previamente establecemos las siguientes premisas:

- Se ha considerado una vida útil de la instalación de 25 años, aunque bien es cierto que los fabricantes estiman una vida útil bastante superior para instalaciones similares. Por lo tanto la tasa de amortización será del 4%.
- Se ha considerado un impuesto del 25%.
- Se ha estimado un coste de oportunidad del 8%.
- Para el cálculo del ahorro se ha tenido en cuenta que el 85% del gasto actual de la factura facilitada por la propiedad se corresponde con el consumo de agua reemplazable con dicha instalación.
- El horizonte temporal establecido es de 10 años.

Con todo ello y sabiendo que el coste de inversión es de 26.060,75 €, los resultados obtenidos son los que se muestran a continuación:

12. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

Pablo Gómez Vidal

DATOS

Coste oportunidad	8%
Impuestos	25%
Vida útil (años)	25
Tasa amortización	4%

CÁLCULOS

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro		1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €	1.848,08 €
Inversión	26.060,75 €										
Valor remanente											15.636,45 €
Amortizaciones		1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €	1.042,43 €

Cash Flow Operativo

BAI	- €	805,65 €	805,65 €	805,65 €	805,65 €	805,65 €	805,65 €	805,65 €	805,65 €	805,65 €	805,65 €
BDI	- €	604,24 €	604,24 €	604,24 €	604,24 €	604,24 €	604,24 €	604,24 €	604,24 €	604,24 €	604,24 €
Cash Flow Operativo	- €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €

Cash Flow Inversiones

Cash Flow inversiones	- 26.060,75 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15.636,45 €
-----------------------	---------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------

Cash Flow	- 26.060,75 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	1.646,67 €	17.283,12 €
VAN acumulado	- 26.060,75 €	- 24.536,06 €	- 23.124,31 €	- 21.817,13 €	- 20.606,78 €	- 19.486,09 €	- 18.448,41 €	- 17.487,60 €	- 16.597,95 €	- 15.774,21 €	- 7.768,78 €

RESULTADOS

VAN	-7.768,78 €
TIR	3%
Periodo de recuperación	11

Tabla 78.- Análisis Viabilidad Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales

12.1.4.3 Instalación de Calefacción

De igual manera que en el caso de la instalación anterior, para poder realizar los cálculos y evaluar la rentabilidad de la instalación previamente es necesario establecer las siguientes premisas:

- Se ha considerado una vida útil de la instalación de 25 años, aunque bien es cierto que los fabricantes estiman una vida útil bastante superior para instalaciones similares. Por lo tanto la tasa de amortización será del 4%
- Se ha considerado un impuesto del 25%.
- Se ha estimado un coste de oportunidad del 8%.
- El horizonte temporal establecido es de 10 años.

12.1.4.4 Instalación de Calefacción con Subvención

En el punto anterior se dan los datos para la realización del análisis para la instalación de calefacción con la inversión que es necesaria para implementarla y teniendo en cuenta el ahorro que esto produciría. Hay que tener en cuenta que nos encontramos en un momento en el que la implementación de cualquier tipo de medida de ahorro energético y de energías renovables suele estar de algún modo "premiada" o valorada al menos por el estado. Tanto es así que en este caso y por llevar a cabo la renovación de la instalación de calefacción sustituyendo los elementos generadores de calor que utilizaban combustibles fósiles por unos generadores nuevos que utilizan astillas como combustible (biomasa) podríamos acogernos a lo establecido en el DOG de 31 de xullo de 2017, en el que establece la convocatoria de subvenciones para proyectos de equipamientos térmicos de biomasa, para el año 2017, cofinanciadas por el Fondo Europeo de Desenvolvemento Regional, en el marco del programa operativo Feder-Galicia 2014-2020.

Por tratarse de un organismo público y por cumplir todos los requisitos, podríamos obtener una subvención del 80% de la inversión planteada. Con ello los resultados obtenidos serían totalmente diferentes tal y como se verá posteriormente.

Con todo ello y sabiendo que el coste de inversión es de 103.770,95 € y el ahorro anual es de 24.751,52 €, los resultados obtenidos para esta instalación teniendo en cuenta las dos opciones anteriores son los que se muestran a continuación:

12. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

Pablo Gómez Vidal

DATOS

Coste oportunidad	8%
Impuestos	25%
Vida útil (años)	25
Tasa amortización	4%

CÁLCULOS

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro		24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €
Inversión	103.770,98 €										
Valor remanente											62.262,59 €
Amortizaciones		4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €

Cash Flow Operativo

BAI	- €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €
BDI	- €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €
Cash Flow Operativo	- €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €

Cash Flow Inversiones

Cash Flow inversiones	- 103.770,98 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.262,59 €
Cash Flow	- 103.770,98 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	81.728,94 €
VAN acumulado	- 103.770,98 €	- 85.746,58 €	- 69.057,32 €	- 53.604,31 €	- 39.295,96 €	- 26.047,49 €	- 13.780,39 €	- 2.421,96 €	8.095,10 €	17.833,13 €	55.689,44 €

RESULTADOS

VAN	55.689,44 €
TIR	17%
Periodo de recuperación	8

Tabla 79.- Análisis Viabilidad Instalación de Calefacción

12. ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

Pablo Gómez Vidal

DATOS

Coste oportunidad	8%
Impuestos	25%
Vida útil (años)	25
Tasa amortización	4%

CÁLCULOS

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro		24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €	24.571,52 €
Inversión	103.770,98 €										
Subvención	83.016,78 €										
Valor remanente											62.262,59 €
Amortizaciones		4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €	4.150,84 €

Cash Flow Operativo

BAI	103.770,98 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €	20.420,68 €
BDI	77.828,24 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €	15.315,51 €
Cash Flow Operativo	77.828,24 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €

Cash Flow Inversiones

Cash Flow inversiones	- 103.770,98 €	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62.262,59 €
-----------------------	----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------

Cash Flow	- 25.942,75 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	19.466,35 €	81.728,94 €
VAN acumulado	- 25.942,75 €	- 7.918,35 €	8.770,91 €	24.223,93 €	38.532,27 €	51.780,75 €	64.047,85 €	75.406,28 €	85.923,34 €	95.661,36 €	133.517,67 €

RESULTADOS

VAN	133.517,67 €
TIR	75%
Periodo de recuperación	2

Tabla 80 Análisis Viabilidad Instalación de Calefacción con Subvención

12.1.5 CONCLUSIONES

Tal y como se puede observar, se han realizado los cálculos necesarios para la evaluación económica de las instalaciones de calefacción y de almacenamiento y suministro de aguas pluviales.

Para el caso de la instalación de almacenamiento y suministro de aguas pluviales los resultados obtenidos son:

- Un VAN negativo de 7.768,78 €. Esto lo que quiere decir es que no hemos llegado a recuperar la inversión realizada en el horizonte temporal supuesto, pero dado que la TIR es positiva, quiere decir que vamos en camino de ello y que en algún momento llegaremos a conseguirlo.
- Una TIR positiva del 3%. Este valor nos indica que sería aconsejable que a lo largo de los años podremos recuperar lo invertido. Pero teniendo en cuenta que los costes de oportunidad son bastante superiores, del 8%, y que en VAN en el horizonte temporal supuesto es negativo, no deberíamos de realizar la inversión.
- Un Período de Recuperación con un valor 11, esto no quiere decir que se recupere en el año 11, sino que como el período de recuperación es mayor que el horizonte temporal supuesto, que era de 10 años, por eso el resultado es 11. El problema llegado a este punto es que podemos afirmar que la inversión realizada no se recupera en los 10 años estudiados, pero no podemos tener idea de si se recuperará en el año 11, 12 o 25, para ello habría que realizar nuevos estudios con nuevos horizontes temporales.

Todo lo contrario ocurre para el caso de la instalación de calefacción. Si analizamos los resultados obtenidos para la instalación de calefacción sin subvención tendremos:

- Un VAN positivo de 55.689,44 €. Estas serían las ganancias acumuladas que obtendríamos a lo largo de los 10 años que se tomaron como horizonte temporal.
- Una TIR positiva del 17%, una tasa interna de retorno con un porcentaje aceptable, teniendo en cuenta que es muy superior a los costes de oportunidad, que serían del 8%, lo que quiere decir que es recomendable hacer la inversión.
- Un Período de Recuperación con valor 8, lo que quiere decir que en el octavo año después de realizar la inversión ya habríamos recuperado la cantidad.

Si hacemos lo mismo para el caso en el que nos acogemos a la subvención los resultados entonces serían:

- Un VAN positivo de 133.517,67 €, lo que quiere decir que a lo largo de 10 años obtendríamos esa cifra de ganancias, como vemos son muy elevadas.
- Una TIR positiva del 75%, un valor extremadamente alto, teniendo en cuenta que los costes de oportunidad son del 8%. Estos valores tan elevados de la tasa interna de retorno no serían viables en un proyecto de no ser por la subvención a la que nos hemos acogido. En este caso hacer la inversión sería totalmente recomendable.
- Un Período de Recuperación con valor 2, lo que quiere decir que el segundo año después de realizar la inversión inicial ya habríamos recuperado toda la cantidad invertida.

Por último comentar que debido a falta de datos no se ha realizado el análisis de la instalación de iluminación, aunque como ya se comentó en el Anexo I, ya vimos que con esta instalación el objetivo principal era garantizar un confort de los usuarios cumpliendo los valores que establecen las normativas y que actualmente no se cumplen, además de garantizar un ahorro energético.

Para concluir, decir que debería de llevarse a cabo la inversión para renovar la instalación de calefacción ya que es muy rentable, mientras que la instalación de optimización de agua no saldría rentable, por lo que habría que estudiar otras alternativas.

12.2 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

12.2.1 Memoria

12.2.1.1 Objeto

Este Estudio de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios comunes a los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la/s empresa/s contratista/s para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de Octubre de 1997 que establece las Disposiciones Mínimas en materia de seguridad y Salud.

12.2.1.2 Características de la obra

12.2.1.2.1 Descripción del emplazamiento y de la obra

La parcela objeto de proyecto que consta de una superficie aproximada de 10.000 m², está situada en la calle Avenida 19 de Febrero s/n 15405, perteneciente al lugar de Serantes, ayuntamiento de Ferrol, provincia de A Coruña. Su geometría puede verse especificada en el Plano de Emplazamiento de dicho proyecto.

El tipo de obra que se va a realizar es la "Optimización Energética de las Instalaciones Existentes en la Escuela Universitaria Politécnica de la UDC mediante el uso de energías alternativas". En concreto, se va a llevar a cabo la reforma de la instalación de iluminación interior, sustituyendo las luminarias existentes por luminarias led de manera que consigamos una mayor calidad, control y confort en la instalación; se diseñará un filtro de rechazo para optimizar la instalación eléctrica, de manera que se elimine la distorsión generada por las nuevas luminarias, se llevará a cabo también la sustitución de los generadores actuales de calor, por unos nuevos de biomasa y por último se diseñará el sistema de evacuación de aguas pluviales para su recogida, almacenamiento y posterior aprovechamiento.

En cuanto a los accesos a la obra hay que decir que se prevén dos accesos mediante carreteras asfaltadas. El acceso principal será el que tiene entrada por la Avenida 19 de Febrero s/n, y desde él se accederá a todas estancias del centro en las que haya que realizar las obras y modificaciones. Por el lado opuesto tendremos un segundo acceso por la pista Aldea Aneiros, y cuyas condiciones son más limitadas por tratarse de una carretera secundaria, pero desde él se accederá para realizar las obras de nueva construcción, modificación e instalación que tengan lugar en la sala de calderas del centro, cuya ubicación y descripción puede verse en los planos que forman parte de la documentación gráfica de dicho proyecto.

- La energía eléctrica será suministrada por la compañía Gas Natural Fenosa y la acometida se realizará en alta tensión 3x15kV desde la red general en condiciones que la compañía suministradora establezca, en cuanto a la disposición y características del contador y la caja general de protección.
- El suministro de agua está previsto mediante una derivación de la red general de agua potable, suministrada por la compañía EMAFESA.
- La evacuación de aguas residuales se realizará mediante la conexión con la red de alcantarillado público gestionado por el ayuntamiento de Ferrol.

12.2.1.2.2 Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D. 1627/1997, la obra dispondrá de los servicios higiénicos siguientes:

- Vestuarios adecuados de dimensiones suficientes, con asientos y taquillas individuales provistas de llave, con una superficie mínima de 2 m² por trabajador que haya de utilizarlos y una altura mínima de 2,30 m.
- Lavabos con agua fría y caliente a razón de un lavabo por cada 10 trabajadores o fracción.
- Duchas con agua fría y caliente a razón de una ducha por cada 10 trabajadores o fracción.
- Retretes a razón de un inodoro cada 25 hombres o 15 mujeres o fracción. Cabina de superficie mínima 1,20 m² y altura 2,30 m.

Asimismo, se instalarán comedores dotados de mesas y sillas en número suficiente. Se dispondrá de un calentador de agua, pileta con agua corriente y menaje suficiente para el número de operarios existente en obra. Habrá un recipiente para recogida de basuras. Se mantendrán en perfecto estado de limpieza y conservación.

De acuerdo con el apartado A3 del Anexo 6 del R.D. 1627/1997, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica a continuación:

- Un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, torniquete, antiespasmódicos, analgésicos, bolsa para agua o hielo, termómetro, tijeras, jeringuillas desechables, pinzas y guantes desechables.

Nivel de Asistencia	Distancia en km
Asistencia primaria (Urgencias)	0,24
Asistencia especializada (Hospital)	6,4

12.2.1.2.3 Problemática del solar

12.2.1.2.3.1 Topografía y viabilidad

El edificio objeto de proyecto está situado sobre una parcela que presenta una superficie uniforme, con escasa pendiente e inclinación y situada a escasa altura sobre el nivel del mar. Asimismo, tiene una estructura prácticamente rectangular, estando curvada en uno de sus extremos, tal y como se puede ver en los planos que forman parte de la documentación gráfica de dicho proyecto.

12.2.1.2.3.2 Características y situación de los servicios existentes

La zona objeto de actuación, y en concreto el edificio objeto de proyecto posee la totalidad de los servicios urbanísticos a los que se tendrá acceso.

12.2.1.3 Materiales previstos en la ejecución

No está previsto el empleo de materiales peligrosos o tóxicos, ni tampoco de elementos o piezas constructivas de peligrosidad desconocida en su puesta en obra, tampoco se prevé el uso de productos tóxicos en el proceso de construcción.

12.2.1.4 Datos de los autores

El autor del proyecto, el del Estudio de Seguridad y Salud y el coordinador en materia de seguridad y salud es Pablo Gómez Vidal.

12.2.1.5 Trabajos previos a la realización de la obra

Deberá realizarse el vallado del perímetro de la parcela según antes del inicio de la obra.

Las condiciones del vallado deberán ser:

- Tendrá 2 metros de altura.
- Portón para acceso de vehículos de 4 metros de anchura y puerta independiente para acceso de personal.

Deberá presentar como mínimo la señalización de:

- Prohibido aparcar en la zona de entrada de vehículos.
- Prohibido el paso de peatones por la entrada de vehículos.
- Obligatoriedad del uso del casco en el recinto de la obra.
- Prohibición de entrada a toda persona ajena a la obra.
- Cartel de obra.

Realización de una caseta para acometida general en la que se tendrá en cuenta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

12.2.1.6 Instalación eléctrica provisional de obra

Se realizará una acometida a la red en lugar indicado por la compañía suministradora, colocándose un cuadro de protección y medida en el interior del recinto de obra.

12.2.1.6.1 Riesgos detectables más comunes

- Heridas punzantes en manos.
- Caídas al mismo nivel.
- Electrocución; contactos eléctricos directos e indirectos derivados esencialmente de trabajos con tensión.
- Intentar trabajar sin tensión pero sin cerciorarse de que está efectivamente interrumpida o que no puede conectarse inopinadamente.
- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Usar equipos inadecuados o deteriorados.
- Mal comportamiento o incorrecta instalación del sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos en general, y de la toma de tierra en particular.

12.2.1.6.2 Normas o medidas preventivas tipo

- a) Sistema de protección contra contactos indirectos.

Para la prevención de posibles contactos eléctricos indirectos, el sistema de protección elegido es el de puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto (bloques VIGI).

- b) Normas de prevención tipo para los cables.

El calibre o sección del cableado será el especificado en planos y de acuerdo a la carga eléctrica que ha de soportar en función de la maquinaria e iluminación prevista.

Todos los conductores utilizados serán aislados de tensión nominal de 1000 voltios como mínimo y sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos en este sentido.

La distribución desde el cuadro general de obra a los cuadros secundarios (o de planta), se efectuará mediante canalizaciones enterradas.

En caso de efectuarse tendido de cables y mangueras, éste se realizará a una altura mínima de 2 metros en los lugares peatonales y de 5 metros en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

El tendido de los cables para cruzar viales de obra, como ya se ha indicado anteriormente, se efectuará enterrado. Se señalizará el "paso del cable" mediante una cubrición permanente de tabloncillos que tendrán por objeto el proteger mediante reparto de cargas, y señalar la existencia del "paso eléctrico" a los vehículos. La profundidad de la zanja mínima, será entre 40 y 50 cm.; el cable irá además protegido en el interior de un tubo rígido, bien de fibrocemento, bien de plástico rígido curvable en caliente.

En caso de tener que efectuar empalmes entre mangueras se tendrá en cuenta:

- Siempre estarán elevados. Se prohíbe mantenerlos en el suelo.
- Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad.
- Los empalmes definitivos se ejecutarán utilizando cajas de empalmes normalizados estancos de seguridad.

El trazado de las mangueras de suministro eléctrico no coincidirá con el de suministro provisional de agua a las plantas.

Las mangueras de "alargadera":

- Si son para cortos periodos de tiempo, podrán llevarse tendidas por el suelo, pero arrimadas a los parámetros verticales.
- Se empalmarán mediante conexiones normalizadas estancos antihumedad o fundas aislantes termorretráctiles, con protección mínima contra chorros de agua (protección recomendable IP. 447).

c) Normas de prevención tipo para la instalación de alumbrado.

Las masas de los receptores fijos de alumbrado, se conectarán a la red general de tierra mediante el correspondiente conductor de protección.

Los aparatos de alumbrado portátiles, excepto los utilizados con pequeñas tensiones, serán de tipo protegido contra los chorros de agua (Grado de protección recomendable IP.447). El alumbrado de la obra, cumplirá las especificaciones establecidas en las Ordenanzas de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica y General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

La iluminación de los tajos será mediante proyectores ubicados sobre "pies derechos" firmes. La energía eléctrica que deba suministrarse a las lámparas portátiles para la iluminación de tajos encharcados, (o húmedos), se servirá a través de un transformador de corriente con separación de circuitos que la reduzca a 24 voltios.

La iluminación de los tajos se situará a una altura en torno a los 2 m., medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.

La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada con el fin de disminuir sombras. Las zonas de paso de la obra estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.

d) Normas de seguridad tipo, de aplicación durante el mantenimiento y reparaciones de la instalación eléctrica provisional de obra.

El personal de mantenimiento de la instalación será electricista, y preferentemente en posesión de carné profesional correspondiente.

Toda la maquinaria eléctrica se revisará periódicamente, y en especial, en el momento en el que se detecte un fallo, momento en el que se la declarará "fuera de servicio" mediante

desconexión eléctrica y el cuelgue del rótulo correspondiente en el cuadro de gobierno. La maquinaria eléctrica, será revisada por personal especialista en cada tipo de máquina.

Se prohíben las revisiones o reparaciones bajo corriente. Antes de iniciar una reparación se desconectará la máquina de la red eléctrica, instalando en el lugar de conexión un letrero visible, en el que se lea: " NO CONECTAR, HOMBRES TRABAJANDO EN LA RED". La ampliación o modificación de líneas, cuadros y asimilables sólo la efectuarán los electricistas.

12.2.1.6.3 Normas o medidas de protección

Los cuadros eléctricos de distribución, se ubicarán siempre en lugares de fácil acceso. Los cuadros eléctricos no se instalarán en el desarrollo de las rampas de acceso al fondo de la excavación (pueden ser arrancados por la maquinaria o camiones y provocar accidentes). Los cuadros eléctricos de intemperie, por protección adicional se cubrirán con viseras contra la lluvia. Los postes provisionales de los que colgar las mangueras eléctricas no se ubicarán a menos de 2 m. (como norma general), del borde de la excavación, carretera y asimilables. El suministro eléctrico al fondo de una excavación se ejecutará por un lugar que no sea la rampa de acceso, para vehículos o para el personal, (nunca junto a escaleras de mano). Los cuadros eléctricos, en servicio, permanecerán cerrados con las cerraduras de seguridad de triángulo, (o de llave) en servicio.

No se permite la utilización de fusibles rudimentarios (trozos de cableado, hilos, etc.). Hay que utilizar "cartuchos fusibles normalizados" adecuados a cada caso, según se especifica en planos.

12.2.1.7 Fases de la ejecución de la obra

12.2.1.7.1 Movimiento de tierras

Se procederá al movimiento de tierras necesario para poder instalar los depósitos de acumulación de aguas pluviales que irán enterrados, tal y como se especifica en los planos que forman parte de la documentación gráfica del proyecto. Hay un mínimo movimiento de tierras en la obra pero pese a todo, consideramos conveniente consignarlo y exponer sus riesgos.

Riesgos más comunes en general:

- Caída de personas u objetos desde el borde de la excavación.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Daños a terceros por irrupción de estos en los tajos.
- Daños a terceros por onda aérea y asociados (vibraciones).
- Caídas de personas a distinto nivel en operaciones de saneo de bloques o fragmentos inestables.

Normas o medidas preventivas en general:

- Se inspeccionarán antes de la reanudación de los trabajos, interrumpidos por cualquier causa, el buen comportamiento de las entibaciones, comunicando cualquier anomalía a la Dirección de la Obra tras haber paralizado los trabajos sujetos al riesgo detectado.
- Se prohíbe permanecer (o trabajar) en el entorno del radio de acción del brazo de una máquina para el movimiento de tierras.
- Se prohíbe permanecer (o trabajar) al pie de un frente de excavación recientemente abierto, antes de haber procedido a su saneado, entibado, etc.
- Las maniobras de carga a cuchara de camiones, serán dirigidas por el Capataz (Encargado o Persona/s encargada/s de Seguridad).

Prendas de protección personal recomendables:

- Casco de polietileno (lo utilizarán, aparte del personal a pie, los maquinistas y camioneros, que deseen o deban abandonar las correspondientes cabinas de conducción).
- Botas de seguridad.
- Botas de goma (o P.V.C.) de seguridad.
- Trajes impermeables para ambientes lluviosos.
- Guantes de cuero, goma o P.V.C.
- Guantes de polietileno forrado en algodón.
- Botas de cuero con puntera reforzada, no metálica y suela de cuero.
- Ropa de trabajo antiestática.
- Traje para lluvia, antiestático.

12.2.1.7.2 Cerramientos y Albañilería

En este proyecto se decide la construcción de un silo que sirva como almacén para el combustible de los nuevos equipos generadores de calor, por lo que consideramos necesario incluir este punto y exponer los riesgos que tiene.

Los levantes de muros serán de bloques de hormigón tomada con mortero de c.p. y se ajustarán a las alturas que se indican en los planos, debiendo quedar perfectamente aplomados, alineados y escuadrados.

Para la realización de la tabiquería interior y albañilería en general se utilizarán los andamios adecuados.

Antes de su ejecución deberán replantearse para la comprobación.

Los paramentos se acabarán con enfoscado maestreado.

Desde el punto de vista de la seguridad, en los andamios exteriores, el personal de obra estará totalmente protegido, cumpliéndose siempre las condiciones de seguridad en la instalación de los andamios perfecto anclaje y provisión.

Riesgos detectables más comunes.

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de objetos sobre las personas.
- Golpes contra objetos.
- Cortes por el manejo de objetos y herramientas manuales.
- Dermatitis por contactos con el cemento.
- Partículas en los ojos.
- Cortes por utilización de máquinas-herramienta.
- Los derivados de los trabajos realizados en ambientes pulverulentos, cortando ladrillos, por ejemplo).
- Sobreesfuerzos.
- Electrocutión.
- Atrapamientos por los medios de elevación y transporte.
- Los derivados del uso de medios auxiliares (borriquetas, escaleras, andamios, etc.).
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- Los huecos existentes en el suelo permanecerán protegidos para la prevención de caídas.
- Los huecos de una vertical, (bajante por ejemplo), serán destapados para el aplomado correspondiente, concluido el cual, se comenzará el cerramiento

definitivo del hueco, en prevención de los riesgos por ausencia generalizada o parcial de protecciones en el suelo.

- Los huecos permanecerán constantemente protegidos con las protecciones instaladas en la fase de estructura, reponiéndose las protecciones deterioradas.
- Las rampas de las escaleras estarán protegidas en su entorno por una barandilla sólida de 90 cm. de altura formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm.
- Todas las zonas en las que haya que trabajar estarán suficientemente iluminadas.
- Las zonas de trabajo serán limpiadas de escombros (cascotes de ladrillo) periódicamente, para evitar las acumulaciones innecesarias.
- El material cerámico se izará sin romper los flejes (o envoltura de P.V.C.) con las que lo suministre el fabricante, para evitar los riesgos por derrame de la carga.
- El ladrillo suelto se izará apilado ordenadamente en el interior de plataformas de izar emplintadas, vigilando que no puedan caer las piezas por desplome durante el transporte.
- La cerámica paletizada transportada con grúa, se gobernará mediante cabos amarrados a la base de la plataforma de elevación si es necesario. Nunca directamente con las manos, en prevención de golpes, atrapamiento o caídas al vacío por péndulo de la carga.
- Los escombros y cascotes se evacuarán diariamente mediante trompas de vertido montadas al efecto, para evitar el riesgo de pisadas sobre materiales, ubicándose aquellas según plano.
- Se prohíbe trabajar junto a los parámetros recién levantados antes de transcurridas 48 horas. Si existe un régimen de vientos fuertes incidiendo sobre ellos, pueden derrumbarse sobre el personal.
- La norma básica para estos trabajos es el orden y limpieza en cada uno de los tajos, estando las superficies de tránsito libres de obstáculos (herramientas, materiales, escombros, etc.), los cuales pueden provocar golpes o caídas, obteniéndose de esta forma un mayor rendimiento y seguridad.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Guantes de P.V.C. o de goma.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Cinturón de seguridad, Clases A y C.
- Botas de goma con puntera reforzada.
- Ropa de trabajo.
- Gafas de seguridad.
- Mascarilla antipolvo
- Trajes para tiempo lluvioso.

Protecciones colectivas.

- Se recomienda el uso de redes elásticas cuando el riesgo de caída pueda ser de una altura de 6 m. Las redes no tendrán puntos duros y serán elásticas, usándose las de fibra, poliamida o poliéster, ya que no encogen al mojarse ni ganan peso; la cuadrícula máxima será de 10x10 cm. teniendo reforzado el perímetro de las mismas, con cable metálico recubierto de tejido; se empleará para la fijación de las redes soporte del tipo bandeja, que sostienen las superficies, los cuales atravesarán los forjados en dos alturas teniendo resistencia por sí mismos, debiendo de estar dispuestos de forma que sea mínima la posibilidad de chocar una persona al caer, recomendándose que se coloquen lo más cerca posible de la vertical de pilares o paredes.

- Instalación de protecciones para cubrir los huecos verticales de cerramientos exteriores antes de que se realicen éstos, empleándose barandillas metálicas desmontables por su fácil colocación y adaptación a diferentes tipos de huecos, constando estas de dos pies derechos metálicos anclados al suelo y al cielo raso de cada forjado con barandillas a 90 cm. y 45 cm. de altura provistas de rodapié de 15 cm. debiéndose de resistir 150 Kg/m² y sujetas a los forjados por medio de los husillos de los pies derechos metálicos, no usándose nunca como barandillas u otros elementos de señalización.
- Coordinación con el resto de los oficios que intervienen en la obra.
- Instalación de marquesinas para la protección contra caídas de objetos, compuestas de madera en voladizo de 2.50 m., al nivel del forjado primero sobre soportes horizontales, ancladas a los forjados con mordazas en su parte superior y jabalcones en la inferior con una separación máxima entre ellas de 2 m.
- Independientemente de estas medidas, cuando se efectúen trabajos de cerramiento, se delimitará la zona, señalizándola, evitando en lo posible el paso del personal por la vertical de los trabajos.

12.2.1.7.3 Cubiertas

Este apartado está dedicado a dejar presentes los posibles riesgos que pueden existir a la hora de realizar trabajos en las cubiertas, en nuestro caso, a pesar de que no hay trabajos específicos para realizar propiamente en las cubiertas, puede ser necesario la revisión de algún elemento de evacuación de aguas ya existente en el edificio objeto de proyecto y en funcionamiento.

Se deberán tener en cuenta en todas ellas las normas de seguridad y precauciones necesarias para los correctos trabajos en las mismas.

12.2.1.7.3.1 Cubiertas inclinadas

Riesgos destacables más comunes.

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras
- Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales.

Normas o medidas preventivas tipo de aplicación en cubiertas en general.

- El personal encargado de la manipulación y modificación de los elementos que puedan estar en contacto con la cubierta será conocedor del sistema constructivo más correcto a poner en práctica, en prevención de los riesgos por impericia.
- El riesgo de caída al vacío, se controlará instalando redes de horca en rededor del edificio. No se permiten caídas sobre red superior a los 6 m. de altura.
- Se tenderá, unido a dos "puntos fuertes" instalados en las limatesas, un cable de acero de seguridad en el que anclar el fiador del cinturón de seguridad, durante la ejecución de las labores sobre los faldones de la cubierta.
- El riesgo de caída de altura se controlará manteniendo los andamios metálicos apoyados de construcción del cerramiento. En la coronación de los mismos, bajo cota de alero, (o canalón), y sin dejar separación con la fachada, se dispondrá una plataforma sólida (tablones de madera trabados o de las piezas especiales metálicas para forma plataformas de trabajo en andamios tubulares existentes en el mercado), recercado de una barandilla sólida cuajada, (tablestacado, tableros de T.P. reforzados), que sobrepasen en 1 m. la cota de límite del alero.

- El riesgo de caída de altura se controlará construyendo la plataforma descrita en la medida preventiva anterior sobre tablonos volados contrapesados y alojados en mechinales de la fachada, no dejará huecos libres entre la fachada y la plataforma de trabajo.
- Todos los huecos del forjado horizontal, permanecerán tapados con madera clavada durante la construcción de los tabiquillos de formación de las pendientes de los tableros.
- El acceso a los planos inclinados se ejecutará mediante escaleras de mano que sobrepasen en 1 m. la altura a salvar.
- La comunicación y circulaciones necesarias sobre la cubierta inclinada se resolverá mediante pasarelas emplintadas inferiormente de tal forma que absorbiendo la pendiente queden horizontales.
- Se suspenderán los trabajos con vientos superiores a los 60 Km/h., en prevención del riesgo de caída de personas u objetos.
- Los faldones se mantendrán libres de objetos que puedan dificultar los trabajos o los desplazamientos seguros.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Botas de seguridad.
- Botas de goma.
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.

12.2.1.7.3.2 Cubiertas planas

Riesgos detectables más comunes.

- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras (sellados, impermeabilizaciones en caliente).
- Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- En todo momento se mantendrá limpia y libre de obstáculos que dificulten la circulación o los trabajos, la cubierta que se ejecuta.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Botas de seguridad.
- Botas de goma.
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.

12.2.1.7.4 Acabados

Se incluyen en este capítulo los siguientes acabados: alicatados, enfoscados y enlucidos, carpintería de madera y metálica y pintura.

Los paramentos en general se revestirán con pasta de yeso al interior y enfoscado de mortero de cemento al exterior.

La carpintería exterior e interior será de madera.

Riesgos detectables más comunes.

- Golpes por manejo de objetos o herramientas manuales.
- Cortes por manejo de objetos con aristas cortantes o herramientas manuales.
- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Cortes en los pies por pisadas sobre cascotes y materiales con aristas cortantes.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Los derivados de los trabajos realizados en atmósferas nocivas (intoxicaciones).
- Contacto con sustancias corrosivas.
- Los derivados de la rotura de las mangueras de los compresores.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- En todo momento se mantendrán limpias y ordenadas las superficies de tránsito y de apoyo para realizar los trabajos y evitar los accidentes.
- Los andamios sobre borriquetas a utilizar, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a los 60 cm. (3 tablones trabados entre sí) y barandilla de protección de 90 cm.
- Se prohíbe utilizar a modo de borriquetas para formar andamios, bidones, cajas de materiales, bañeras, etc.
- Las zonas de trabajo tendrán una iluminación mínima de 100 lux a una altura sobre el suelo en torno a los 2 m.
- La iluminación mediante portátiles se harán con "portalámparas estancos con mango aislante" y rejilla de protección de la bombilla y alimentados a 24 V.
- Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin la utilización de las clavijas macho-hembra, en prevención del riesgo eléctrico.
- Las cajas de plaqueta en acopio, nunca se dispondrán de forma que obstaculicen los lugares de paso, para evitar accidentes por tropiezo.
- El transporte de sacos de aglomerantes o de áridos se realizará preferentemente sobre carretilla de mano, para evitar sobreesfuerzos.
- Las pinturas, (los barnices, disolventes, etc.), se almacenarán en lugares bien ventilados.
- Se instalará un extintor de polvo químico seco al lado de la puerta de acceso al almacén de pinturas.
- Se prohíbe almacenar pinturas susceptibles de emanar vapores inflamables con los recipientes mal o incompletamente cerrados, para evitar accidentes por generación de atmósferas tóxicas o explosivas.
- Se evitará la formación de atmósferas nocivas manteniéndose siempre ventilado el local que se está pintando (ventanas y puertas abiertas).
- Se tenderán cables de seguridad amarrados a los puntos fuertes de la obra, de los que amarrar el fiador del cinturón de seguridad en las situaciones de riesgo de caída desde altura.

- Las escaleras de mano a utilizar, serán de tipo "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar el riesgo de caídas por inestabilidad.
- Se prohíbe fumar o comer en las estancias en las que se pinte con pinturas que contengan disolventes orgánicos o pigmentos tóxicos.
- Se advertirá al personal encargado de manejar disolventes orgánicos (o pigmentos tóxicos) de la necesidad de una profunda higiene personal (manos y cara) antes de realizar cualquier tipo de ingesta.
- Los acopios de carpintería de madera se ubicarán en los lugares definidos en los planos, para evitar accidentes por interferencias.
- Antes de la utilización de cualquier máquina-herramienta, se comprobará que se encuentra en óptimas condiciones y con todos los mecanismos y protectores de seguridad, instalados en buen estado, para evitar accidentes.
- Las puertas se descargarán a mano y con un mínimo número de personas para evitar golpes, caídas y vuelcos.
- Las escaleras a utilizar serán de tipo de tijera, dotadas de zapatas antideslizantes y de cadenilla limitadora de apertura.
- Las operaciones de lijado mediante lijadora eléctrica manual, se ejecutarán siempre bajo ventilación por "corriente de aire", para evitar los accidentes por trabajar en el interior de atmósferas nocivas.
- Se prohíbe expresamente la anulación de toma de tierra de las máquinas herramienta. Se instalará en cada una de ellas una "pegatina" en tal sentido, si no están dotadas de doble aislamiento.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (obligatorio para los desplazamientos por la obra y en aquellos lugares donde exista riesgo de caídas de objetos).
- Guantes de P.V.C. o goma.
- Guantes de cuero.
- Botas de seguridad.
- Botas de goma con puntera reforzada.
- Gafas antipolvo.
- Gafas de protección contra gotas de morteros y asimilables.
- Mascarillas antipolvo y para atmósferas tóxicas con filtro mecánico recambiable.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad clases A y C

12.2.1.7.5 Instalaciones

En las instalaciones se contemplan los trabajos de electricidad, iluminación, calefacción y almacenamiento y suministro de la instalación de aguas pluviales.

Para los trabajos de las instalaciones utilizaremos escaleras de tijera ya que son de rápida ejecución y no es necesario alturas elevadas.

12.2.1.7.5.1 Instalación eléctrica de iluminación

Riesgos detectables durante la instalación.

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Cortes por manejo de herramientas manuales.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Golpes por herramientas manuales.
- Otros.

Riesgos detectables durante las pruebas de conexionado y puesta

en servicio de la instalación más comunes.

- Electrocutión o quemaduras por la mala protección de cuadros eléctricos.
- Electrocutión o quemaduras por maniobras incorrectas en las líneas.
- Electrocutión o quemaduras por uso de herramientas sin aislamiento.
- Electrocutión o quemaduras por puenteo de los mecanismos de protección (disyuntores diferenciales, etc.).
- Electrocutión o quemaduras por conexiones directas sin clavijas macho-hembra.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- En la fase de obra de apertura y cierre de rozas se esmerará el orden y la limpieza de la obra, para evitar los riesgos de pisadas o tropezones.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará utilizando "portalamparas estancos con mango aislante", y rejilla de protección de la bombilla, alimentados a 24 voltios.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las escaleras de mano a utilizar, serán del tipo "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura, para evitar los riesgos por trabajos realizados sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se prohíbe la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas, para evitar los riesgos por trabajos sobre superficies inseguras y estrechas.
- Se prohíbe en general en esta obra, la utilización de escaleras de mano o de andamios sobre borriquetas, en lugares con riesgo de caída desde altura durante los trabajos de electricidad, si antes no se han instalado las protecciones de seguridad adecuadas.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores, estarán protegidas con material aislante normalizado contra los contactos con la energía eléctrica.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas, para evitar accidentes.
- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Antes de hacer entrar en servicio las celdas de transformación se procederá a comprobar la existencia real en la sala, de la banqueta de maniobras, pérdidas de maniobra, extintores de polvo químico seco y botiquín, y que los operarios se encuentran vestidos con las prendas de protección personal. Una vez comprobados estos puntos, se procederá a dar la orden de entrada en servicio.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno, para utilizar durante los desplazamientos por la obra y en lugares con riesgo de caída de objetos o de golpes.
- Botas aislantes de electricidad (conexiones).
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad.
- Banqueta de maniobra.
- Alfombra aislante.
- Comprobadores de tensión e intensidad.
- Herramientas aislantes.

12.2.1.7.5.2 Instalación de Almacenamiento y Suministro de Aguas Pluviales

La red de recogida, almacenamiento y suministro de aguas pluviales se realizará a base de tubos de P.V.C y tuberías MLCP. de diámetros diferentes indicados hasta enlazar con los depósitos enterrados para su posterior aprovechamiento.

Riesgos detectables más comunes.

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Golpes y cortes por el uso de herramientas manuales.
- Sobreesfuerzos por posturas obligadas, (caminar en cuclillas por ejemplo).

Normas o medidas preventivas tipo.

- La recogida, almacenamiento y posterior suministro de las aguas pluviales se ejecutará según los planos del proyecto.
- Los tubos para las conducciones se acopiarán en una superficie lo más horizontal posible sobre durmientes de madera, en un receptáculo delimitado por varios pies derechos que impidan que por cualquier causa los conductos se deslicen o rueden.

Medidas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (preferiblemente con barbuquejo).
- Guantes de cuero.
- Guantes de goma (o de P.V.C.).
- Botas de seguridad.
- Botas de goma (o de P.V.C.) de seguridad.
- Ropa de trabajo.
- Equipo de iluminación autónoma.
- Cinturón de seguridad, clases A, B, o C.
- Manguitos y polainas de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.

12.2.1.7.6 Medios auxiliares

12.2.1.7.6.1 Andamios. Normas en general

Riesgos detectables más comunes.

- Caídas a distinto nivel (al entrar o salir).
- Caídas al mismo nivel.
- Desplome del andamio.
- Desplome o caída de objetos (tablones, herramienta, materiales).
- Golpes por objetos o herramientas.
- Atrapamientos.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- Los andamios siempre se arriostrarán para evitar los movimientos indeseables que pueden hacer perder el equilibrio a los trabajadores.
- Antes de subirse a una plataforma andamiada deberá revisarse toda su estructura para evitar las situaciones inestables.
- Los tramos verticales (módulos o pies derechos) de los andamios, se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas.
- Los pies derechos de los andamios en las zonas de terreno inclinado, se suplementarán mediante tacos o porciones de tablón, trabadas entre sí y recibidas al durmiente de reparto.

- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamiento o vuelco.
- Las plataformas de trabajo, independientemente de la altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm. de altura, formadas por pasamanos, barra o listón intermedio y rodapiés.
- Las plataformas de trabajo permitirán la circulación e intercomunicación necesaria para la realización de los trabajos.
- Los tabloneros que formen las plataformas de trabajo estarán sin defectos visibles, con buen aspecto y sin nudos que mermen su resistencia. Estarán limpios, de tal forma, que puedan apreciarse los defectos por uso y su canto será de 7 cm. como mínimo.
- Se prohíbe abandonar en las plataformas sobre los andamios, materiales o herramientas. Pueden caer sobre las personas o hacerles tropezar y caer al caminar sobre ellas.
- Se prohíbe arrojar escombros directamente desde los andamios. El escombro se recogerá y se descargará de planta en planta, o bien se verterá a través de trompas.
- Se prohíbe fabricar morteros (o asimilables) directamente sobre las plataformas de los andamios.
- La distancia de separación de un andamio y el paramento vertical de trabajo no será superior a 30 cm. En prevención de caídas.
- Se prohíbe expresamente correr por las plataformas sobre andamios, para evitar los accidentes por caída.
- Se prohíbe "saltar" de la plataforma andamiada al interior del edificio; el paso se realizará mediante una pasarela instalada para tal efecto.
- Los andamios se inspeccionarán diariamente por el Capataz, Encargado o Servicio de Prevención, antes del inicio de los trabajos, para prevenir fallos o faltas de medidas de seguridad.
- Los elementos que denoten algún fallo técnico o mal comportamiento se desmontarán de inmediato para su reparación (o sustitución).
- Los reconocimientos médicos previos para la admisión del personal que deba trabajar sobre los andamios de esta obra, intentarán detectar aquellos trastornos orgánicos (vértigo, epilepsia, trastornos cardíacos, etc.), que puedan padecer y provocar accidentes al operario. Los resultados de los reconocimientos se presentarán al Coordinador de Seguridad y Salud en ejecución de obra.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (preferible con barbuquejo).
- Botas de seguridad (según casos).
- Calzado antideslizante (según caso).
- Cinturón de seguridad clases A y C.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para ambientes lluviosos.

12.2.1.7.6.2 Andamios sobre borriquetas

Están formados por un tablero horizontal de 60 cm. de anchura mínima, colocados sobre dos apoyos en forma de "V" invertida.

Riesgos detectables más comunes.

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Golpes o aprisionamientos durante las operaciones de montaje y desmontaje.
- Los derivados del uso de tabloneros y madera de pequeña sección o en mal estado (roturas, fallos, cimbreos).

Normas o medidas preventivas tipo.

- Las borriquetas siempre se montarán perfectamente niveladas, para evitar los riesgos por trabajar sobre superficies inclinadas.
- Las borriquetas de madera, estarán sanas, perfectamente encoladas y sin oscilaciones, deformaciones y roturas, para eliminar los riesgos por fallo, rotura espontánea y cimbreo.
- Las plataformas de trabajo se anclarán perfectamente a las borriquetas, en evitación de balanceos y otros movimientos indeseables.
- Las plataformas de trabajo no sobresaldrán por los laterales de las borriquetas más de 40 cm. para evitar el riesgo de vuelcos por basculamiento.
- Las borriquetas no estarán separadas "a ejes" entre sí más de 2,5 m. para evitar las grandes flechas, indeseables para las plataformas de trabajo, ya que aumentan los riesgos al cimbrear.
- Los andamios se formarán sobre un mínimo de dos borriquetas. Se prohíbe expresamente, la sustitución de éstas, (o alguna de ellas), por "bidones", "pilas de materiales" y asimilables, para evitar situaciones inestables.
- Sobre los andamios sobre borriquetas, sólo se mantendrá el material estrictamente necesario y repartido uniformemente por la plataforma de trabajo para evitar las sobrecargas que mermen la resistencia de los tablones.
- Las borriquetas metálicas de sistema de apertura de cierre o tijera, estarán dotadas de cadenas limitadoras de la apertura máxima, tales, que garanticen su perfecta estabilidad.
- Las plataformas de trabajo sobre borriquetas, tendrán una anchura mínima de 60 cm. (3 tablones trabados entre sí), y el grosor del tablón será como mínimo de 7 cm.
- Los andamios sobre borriquetas, independientemente de la altura a que se encuentre la plataforma, estarán recercados de barandillas sólidas de 90 cm. de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
- Las borriquetas metálicas para sustentar plataformas de trabajo ubicadas a 2 ó más metros de altura, se arriostrarán entre sí, mediante "cruces de San Andrés", para evitar los movimientos oscilatorios, que hagan el conjunto inseguro.
- Los trabajos en andamios sobre borriquetas en los balcones, tendrán que ser protegidos del riesgo de caídas desde altura.
- Se prohíbe formar andamios sobre borriquetas metálicas simples cuyas plataformas de trabajo deba ubicarse a 6 ó más metros de altura.
- Se prohíbe trabajar sobre escaleras o plataformas sustentadas en borriquetas, apoyadas a su vez sobre otro andamio de borriquetas.
- La madera a emplear será sana, sin defectos ni nudos a la vista, para evitar los riesgos por rotura de los tablones que forman una superficie de trabajo.

Prendas de protección personal recomendables.

Serán preceptivas las prendas en función de las tareas específicas a desempeñar. No obstante durante las tareas de montaje y desmontaje se recomienda el uso de:

- Cascos.
- Guantes de cuero.
- Calzado antideslizante.
- Ropa de trabajo.
- Cinturón de seguridad clase C.

12.2.1.7.6.3 Andamios metálicos tubulares

Se debe considerar para decidir sobre la utilización de este medio auxiliar, que el andamio metálico tubular está comercializado con todos los sistemas de seguridad que lo

hacen seguro (escaleras, barandillas, pasamanos, rodapiés, superficies de trabajo, bridas y pasadores de anclaje de los tablones, etc.).

Riesgos detectables más comunes.

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Atrapamientos durante el montaje.
- Caída de objetos.
- Golpes por objetos.
- Sobreesfuerzos.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- Durante el montaje de los andamios metálicos tubulares se tendrán presentes las siguientes especificaciones preventivas:

No se iniciará un nuevo nivel sin antes haber concluido el nivel de partida con todos los elementos de estabilidad (cruces de San Andrés, y arriostramientos).

La seguridad alcanzada en el nivel de partida ya consolidada será tal, que ofrecerá las garantías necesarias como para poder amarrar a él el fiador del cinturón de seguridad.

Las barras, módulos tubulares y tablones, se izarán mediante sogas de cáñamo de Manila atadas con "nudos de marinero" (o mediante eslingas normalizadas).

Las plataformas de trabajo se consolidarán inmediatamente tras su formación, mediante las abrazaderas de sujeción contra basculamientos o los arriostramientos correspondientes.

Las uniones entre tubos se efectuarán mediante los "nudos" o "bases" metálicas, o bien mediante las mordazas y pasadores previstos, según los modelos comercializados.

- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura.
- Las plataformas de trabajo se limitarán delantera, lateral y posteriormente, por un rodapié de 15 cm.
- Las plataformas de trabajo tendrán montada sobre la vertical del rodapié posterior una barandilla sólida de 90 cm. de altura, formada por pasamanos, listón intermedio y rodapié.
- Las plataformas de trabajo, se inmovilizarán mediante las abrazaderas y pasadores clavados a los tablones.
- Los módulos de fundamento de los andamios tubulares, estarán dotados de las bases nivelables sobre tornillos sin fin (husillos de nivelación), con el fin de garantizar una mayor estabilidad del conjunto.
- Los módulos de base de los andamios tubulares, se apoyarán sobre tablones de reparto de cargas en las zonas de apoyo directo sobre el terreno.
- Los módulos de base de diseño especial para el paso de peatones, se complementarán con entablados y viseras seguras a "nivel de techo" en prevención de golpes a terceros.
- La comunicación vertical del andamio tubular quedará resuelta mediante la utilización de escaleras prefabricadas (elemento auxiliar del propio andamio).
- Se prohíbe expresamente en esta obra el apoyo de los andamios tubulares sobre suplementos formados por bidones, pilas de materiales diversos, "torretas de maderas diversas" y asimilables.
- Las plataformas de apoyo de los tornillos sin fin (husillos de nivelación), de base de los andamios tubulares dispuestos sobre tablones de reparto, se clavarán a éstos con clavos de acero, hincados a fondo y sin doblar.

- Se prohíbe trabajar sobre plataformas dispuestas sobre la coronación de andamios tubulares, si antes no se han cercado con barandillas sólidas de 90 cm. de altura formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapié.
- Todos los componentes de los andamios deberán mantenerse en buen estado de conservación desechándose aquellos que presenten defectos, golpes o acusada oxidación.
- Los andamios tubulares sobre módulos con escalerilla lateral, se montarán con ésta hacia la cara exterior, es decir, hacia la cara en la que no se trabaja.
- Es práctica corriente el "montaje de revés" de los módulos en función de la operatividad que representa, la posibilidad de montar la plataforma de trabajo sobre determinados peldaños de la escalerilla. Evite estas prácticas por inseguras.
- Se prohíbe en esta obra el uso de andamios sobre borriquetas (pequeñas borriquetas), apoyadas sobre las plataformas de trabajo de los andamios tubulares.
- Los andamios tubulares se montarán a una distancia igual o inferior a 30 cm. del paramento vertical en el que se trabaja.
- Los andamios tubulares se arriostrarán a los paramentos verticales, anclándolos sólidamente a los "puntos fuertes de seguridad" previstos en fachadas o paramentos.
- Las cargas se izarán hasta las plataformas de trabajo mediante garruchas montadas sobre horcas tubulares sujetas mediante un mínimo de dos bridas al andamio tubular.
- Se prohíbe hacer "pastas" directamente sobre las plataformas de trabajo en prevención de superficies resbaladizas que pueden hacer caer a los trabajadores.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre las plataformas de trabajo en prevención de accidentes por sobrecargas innecesarias.
- Los materiales se repartirán uniformemente sobre un tablón ubicado a media altura en la parte posterior de la plataforma de trabajo, sin que su existencia merme la superficie útil de la plataforma.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (preferible con barbuquejo).
- Ropa de trabajo.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase C.

12.2.1.7.6.4 Escaleras de mano (de madera o metal)

Este medio auxiliar suele estar presente en todas las obras sea cual sea su entidad.

Suele ser objeto de "prefabricación rudimentaria" en especial al comienzo de la obra o durante la fase de estructura. Estas prácticas son contrarias a la Seguridad y por lo tanto deben impedirlos.

Riesgos detectables más comunes.

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Deslizamiento por incorrecto apoyo (falta de zapatas, etc.).
- Vuelco lateral por apoyo irregular.
- Rotura por defectos ocultos.
- Los derivados de los usos inadecuados o de los montajes peligrosos (empalme de escaleras, formación de plataformas de trabajo, escaleras "cortas" para la altura a salvar, etc.).
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

Al uso de escaleras de madera.

- Las escaleras de madera a utilizar en esta obra, tendrán los largueros de una sola pieza, sin defectos ni nudos que puedan mermar su seguridad.
- Los peldaños (travesaños) de madera estarán ensamblados.
- Las escaleras de madera estarán protegidas de la intemperie mediante barnices transparentes, para que no oculten los posibles defectos.

Al uso de escaleras metálicas.

- Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.
- Las escaleras metálicas estarán pintadas con pintura antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie.
- Las escaleras metálicas a utilizar en esta obra, no estarán suplementadas con uniones soldadas.

Al uso de escaleras de tijera.

- Son de aplicación las condiciones enunciadas en los apartados a y b para las calidades de "madera o metal".
- Estarán dotadas en su articulación superior, de topes de seguridad de apertura.
- Estarán dotadas hacia la mitad de su altura, de cadenilla (o cable de acero) de limitación de apertura máxima.
- Se utilizarán siempre como tales abriendo ambos largueros para no mermar su seguridad.
- Las escaleras de tijera en posición de uso, estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura para no mermar su seguridad.
- Nunca se utilizarán a modo de borriquetas para sustentar las plataformas de trabajo.
- No se utilizarán, si la posición necesaria sobre ellas para realizar un determinado trabajo, obliga a ubicar los pies en los 3 últimos peldaños.
- Se utilizarán montadas siempre sobre pavimentos horizontales.

Para el uso de escaleras de mano, independientemente de los materiales que las constituyen.

- Se prohíbe la utilización de escaleras de mano en esta obra para salvar alturas superiores a 5 m.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar.
- Las escaleras de mano a utilizar en esta obra, se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior, 1/4 de la longitud del larguero entre apoyos.
- Se prohíbe en esta obra transportar pesos a mano (o a hombro), iguales o superiores a 25 Kilos sobre las escaleras de mano.
- Se prohíbe apoyar la base de las escaleras de mano de esta obra, sobre lugares u objetos poco firmes que pueden mermar la estabilidad de este medio auxiliar.
- El acceso de operarios en esta obra, a través de las escaleras de mano, se realizará de uno en uno. Se prohíbe la utilización al unísono de la escalera a dos o más operarios.

- El ascenso y descenso y trabajo a través de las escaleras de mano de esta obra, se efectuará frontalmente, es decir, mirando directamente hacia los peldaños que se están utilizando.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno.
- Botas de seguridad.
- Calzado antideslizante.
- Cinturón de seguridad clase A o C.

12.2.1.7.6.5 Puntales

Este elemento auxiliar es manejado corrientemente bien por el carpintero encofrador, bien por el peonaje.

El conocimiento del uso correcto de este útil auxiliar está en proporción directa con el nivel de la seguridad.

Riesgos detectables más comunes.

- Caída desde altura de las personas durante la instalación de puntales.
- Caída desde altura de los puntales por incorrecta instalación.
- Caída desde altura de los puntales durante las maniobras de transporte elevado.
- Golpes en diversas partes del cuerpo durante la manipulación.
- Atrapamiento de dedos (extensión y retracción).
- Caída de elementos conformadores del puntal sobre los pies.
- Vuelco de la carga durante operaciones de carga y descarga.
- Rotura del puntal por fatiga del material.
- Rotura del puntal por mal estado (corrosión interna y/o externa).
- Deslizamiento del puntal por falta de acuñamiento o de clavazón.
- Desplome de encofrados por causa de la disposición de puntales.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- Los puntales se acopiarán ordenadamente por capas horizontales de un único puntal en altura y fondo el que desee, con la única salvedad de que cada capa se disponga de forma perpendicular a la inmediata inferior.
- La estabilidad de las torretas de acopio de puntales, se asegurará mediante la hincas de "pies derechos" de limitación lateral.
- Se prohíbe expresamente tras el desencofrado el amontonamiento irregular de los puntales.
- Los puntales se izarán (o descenderán) a las plantas en paquetes uniformes sobre bateas, flejados para evitar derrames innecesarios.
- Los puntales se izarán (o descenderán) a las plantas en paquetes flejados por los dos extremos; el conjunto, se suspenderá mediante aparejo de eslingas del gancho de la grúa torre.
- Se prohíbe expresamente en esta obra, la carga a hombro de más de dos puntales por un solo hombre en prevención de sobreesfuerzos.
- Los puntales de tipo telescópico se transportarán a brazo u hombro con los pasadores y mordazas instaladas en posición de inmovilidad de la capacidad de extensión o retracción de los puntales.
- Los tabloncillos durmientes de apoyo de los puntales que deben trabajar inclinados con respecto a la vertical serán los que se acuñarán. Los puntales, siempre apoyarán de forma perpendicular a la cara del tablón.
- Los puntales se clavarán al durmiente y a la sopanda, para conseguir una mayor estabilidad.

- El reparto de la carga sobre las superficies apuntaladas se realizará uniformemente repartido. Se prohíbe expresamente en esta obra las sobrecargas puntuales.

Normas o medidas preventivas tipo para el uso de puntales de madera.

- Serán de una sola pieza, en madera sana, preferiblemente sin nudos y seca.
- Estarán descortezados con el fin de poder ver el estado real del rollizo.
- Tendrán la longitud exacta para el apeo en el que se les instale.
- Se acuñarán, con doble cuña de madera superpuesta en la base calvándose entre sí.
- Preferiblemente no se emplearán dispuestos para recibir solicitaciones a flexión.
- Se prohíbe expresamente en esta obra el empalme o suplementación con tacos (o fragmentos de puntal, materiales diversos y asimilables), los puntales de madera.
- Todo puntal agrietado se rechazará para el uso de transmisión de cargas.

Normas o medidas preventivas tipo para el uso de puntales metálicos.

- Tendrán la longitud adecuada para la misión a realizar.
- Estarán en perfectas condiciones de mantenimiento (ausencia de óxido, pintados, con todos sus componentes, etc.).
- Los tornillos sin fin los tendrán engrasados en prevención de esfuerzos innecesarios.
- Carecerán de deformaciones en el fuste (abolladuras o torcimientos).
- Estarán dotados en sus extremos de las placas para apoyo y clavazón.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (preferible con barbuquejo).
- Ropa de trabajo.
- Guantes de cuero.
- Cinturón de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Las propias del trabajo específico en el que se empleen puntales.

12.2.1.7.7 Maquinaria de obra

12.2.1.7.7.1 Maquinaria en general

Riesgos detectables más comunes.

- Vuelcos.
- Hundimientos.
- Choques.
- Formación de atmósferas agresivas o molestas.
- Ruido.
- Explosión e incendios.
- Atropellos.
- Caídas a cualquier nivel.
- Atrapamientos.
- Cortes.
- Golpes y proyecciones.
- Contactos con la energía eléctrica.
- Los inherentes al propio lugar de utilización.
- Los inherentes al propio trabajo a ejecutar.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- Los motores con transmisión a través de ejes y poleas, estarán dotados de carcasas protectoras antiatrapamientos (cortadoras, sierras, compresores, etc.).
- Los motores eléctricos estarán cubiertos de carcasas protectoras eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasa o con deterioros importantes de éstas.
- Se prohíbe la manipulación de cualquier elemento componente de una máquina accionada mediante energía eléctrica, estando conectada a la red de suministro.
- Los engranajes de cualquier tipo, de accionamiento mecánico, eléctrico o manual, estarán cubiertos por carcasas protectoras antiatrapamientos.
- Las máquinas de funcionamiento irregular o averiado serán retiradas inmediatamente para su reparación.
- Las máquinas averiadas que no se puedan retirar se señalarán con carteles de aviso con la leyenda: "MAQUINA AVERIADA, NO CONECTAR".
- Se prohíbe la manipulación y operaciones de ajuste y arreglo de máquinas al personal no especializado específicamente en la máquina objeto de reparación.
- Como precaución adicional para evitar la puesta en servicio de máquinas averiadas o de funcionamiento irregular, se bloquearán los arrancadores, o en su caso, se extraerán los fusibles eléctricos.
- La misma persona que instale el letrero de aviso de "MAQUINA AVERIADA", será la encargada de retirarlo, en prevención de conexiones o puestas en servicio fuera de control.
- Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina-herramienta.
- Las máquinas que no sean de sustentación manual se apoyarán siempre sobre elementos nivelados y firmes.
- La elevación o descenso a máquina de objetos, se efectuará lentamente, izándolos en directriz vertical. Se prohíben los tirones inclinados.
- Los ganchos de cuelgue de los aparatos de izar quedarán libres de cargas durante las fases de descenso.
- Las cargas en transporte suspendido estarán siempre a la vista, con el fin de evitar los accidentes por falta de visibilidad de la trayectoria de la carga.
- Los ángulos sin visión de la trayectoria de carga, se suplirán mediante operarios que utilizando señales preacordadas suplan la visión del citado trabajador.
- Se prohíbe la permanencia o el trabajo de operarios en zonas bajo la trayectoria de cargas suspendidas.
- Los aparatos de izar a emplear en esta obra, estarán equipados con limitador de recorrido del carro y de los ganchos, carga punta giro por interferencia.
- Los motores eléctricos de grúas y de los montacargas estarán provistos de limitadores de altura y del peso a desplazar, que automáticamente corten el suministro eléctrico al motor cuando se llegue al punto en el que se debe detener el giro o desplazamiento de la carga.
- Los cables de izado y sustentación a emplear en los aparatos de elevación y transportes de cargas en esta obra, estarán calculados expresamente en función de los solicitados para los que se los instala.
- La sustitución de cables deteriorados se efectuará mediante mano de obra especializada, siguiendo las instrucciones del fabricante.
- Los lazos de los cables estarán siempre protegidos interiormente mediante forrillos guardacabos metálicos, para evitar deformaciones y cizalladuras.
- Los cables empleados directa o auxiliariamente para el transporte de cargas suspendidas se inspeccionarán como mínimo una vez a la semana por el Servicio de Prevención, que previa comunicación al Jefe de Obra, ordenará la sustitución de aquellos que tengan más del 10% de hilos rotos.
- Los ganchos de sujeción o sustentación, serán de acero o de hierro forjado, provistos de "pestillo de seguridad".

- Se prohíbe en esta obra, la utilización de enganches artesanales contruidos a base de redondos doblados.
- Todos los aparatos de izado de cargas llevarán impresa la carga máxima que pueden soportar.
- Todos los aparatos de izar estarán sólidamente fundamentados, apoyados según las normas del fabricante.
- Se prohíbe en esta obra, el izado o transporte de personas en el interior de jaulones, bateas, cubilotes y asimilables.
- Todas las máquinas con alimentación a base de energía eléctrica, estarán dotadas de toma de tierra.
- Los carriles para desplazamiento de grúas estarán limitados, a una distancia de 1 m. de su término, mediante topes de seguridad de final de carrera.
- Se mantendrá en buen estado la grasa de los cables de las grúas (montacargas, etc.).
- Semanalmente, el Servicio de Prevención, revisará el buen estado del lastre y contrapeso de la grúa torre, dando cuenta de ello al Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra.
- Semanalmente, por el Servicio de Prevención, se revisarán el buen estado de los cables contravientos existentes en la obra, dando cuenta de ello al Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra.
- Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los señalados para ello, por el fabricante de la máquina.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Otros.

12.2.1.7.2 Maquinaria para el movimiento de tierras en general

Riesgos detectables más comunes.

- Vuelco.
- Atropello.
- Atrapamiento.
- Los derivados de operaciones de mantenimiento (quemaduras, atrapamientos, etc.).
- Vibraciones.
- Ruido.
- Polvo ambiental.
- Caídas al subir o bajar de la máquina.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- Las máquinas para los movimientos de tierras a utilizar en esta obra, estarán dotadas de faros de marcha hacia adelante y de retroceso, retrovisores en ambos lados, pórtico de seguridad antivuelco y antiimpactos y un extintor.
- Las máquinas para el movimiento de tierras a utilizar en esta obra, serán inspeccionadas diariamente controlando el buen funcionamiento del motor, sistemas hidráulicos, frenos, dirección, luces, bocina retroceso, transmisiones, cadenas y neumáticos.

- Se prohíbe trabajar o permanecer dentro del radio de acción de la maquinaria de movimiento de tierras, para evitar los riesgos por atropello.
- Se prohíbe en esta obra, el transporte de personas sobre las máquinas para el movimiento de tierras, para evitar los riesgos de caídas o de atropellos.
- Se prohíben las labores de mantenimiento o reparación de maquinaria con el motor en marcha, en prevención de riesgos innecesarios.
- Se instalarán topes de seguridad de fin de recorrido, ante la coronación de los cortes de taludes o terraplenes, a los que debe aproximarse la maquinaria empleada en el movimiento de tierras, para evitar los riesgos por caída de la máquina.
- Se señalizarán los caminos de circulación interna mediante cuerda de banderolas y señales normalizadas de tráfico.
- Se prohíbe en esta obra la realización de replanteos o de mediciones en las zonas donde están operando las máquinas para el movimiento de tierras. Antes de proceder a las tareas enunciadas, será preciso parar la maquinaria, o alejarla a otros tajos.
- Se prohíbe el acopio de tierras a menos de 2 m. del borde de la excavación.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno (de uso obligatorio para abandonar la cabina).
- Gafas de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Ropa de trabajo.
- Trajes para tiempo lluvioso.
- Botas de seguridad.
- Protectores auditivos.
- Botas de goma o de P.V.C.
- Cinturón elástico antivibratorio.

12.2.1.7.7.3 Hormigonera eléctrica

Riesgos detectables más frecuentes.

- Atrapamientos (paletas, engranajes, etc.)
- Contactos con la energía eléctrica.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes por elementos móviles.
- Polvo ambiental.
- Ruido ambiental.
- Otros.

Normas o medidas preventivas tipo.

- Las hormigoneras se ubicarán en los lugares reseñados para tal efecto en los "planos de organización de obra".
- Las hormigoneras a utilizar en esta obra, tendrán protegidos mediante una carcasa metálica los órganos de transmisión –correas, corona y engranajes–, para evitar los riesgos de atrapamiento.
- Las carcasas y demás partes metálicas de las hormigoneras estarán conectadas a tierra.
- La botonera de mandos eléctricos de la hormigonera lo será de accionamiento estanco, en prevención del riesgo eléctrico.
- Las operaciones de limpieza directa–manual, se efectuarán previa desconexión de la red eléctrica de la hormigonera, para previsión del riesgo eléctrico y de atrapamientos.
- Las operaciones de mantenimiento estarán realizadas por personal especializado para tal fin.

Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno.
- Gafas de seguridad antipolvo (antisalpicaduras de pastas).
- Ropa de trabajo.
- Guantes de goma o P.V.C.
- Botas de seguridad de goma o de P.V.C.
- Trajes impermeables.
- Mascarilla con filtro mecánico recambiable.

12.2.1.7.7.4 Vibrador

Riesgos detectables más comunes.

- Descargas eléctricas.
- Caídas desde altura durante su manejo.
- Caídas a distinto nivel del vibrador.
- Salpicaduras de lechada en ojos y piel.
- Vibraciones.

Normas preventivas tipo.

- Las operaciones de vibrado se realizarán siempre sobre posiciones estables.
- Se procederá a la limpieza diaria del vibrador luego de su utilización.
- El cable de alimentación del vibrador deberá estar protegido, sobre todo si discurre por zonas de paso de los operarios.
- Los vibradores deberán estar protegidos eléctricamente mediante doble aislamiento.

Protecciones personales recomendables.

- Ropa de trabajo.
- Casco de polietileno.
- Botas de goma.
- Guantes de seguridad.
- Gafas de protección contra salpicaduras.

12.2.1.7.7.5 Maquinas – herramienta en general

En este apartado se consideran globalmente los riesgos de prevención apropiados para la utilización de pequeñas herramientas accionadas por energía eléctrica: Taladros, rozadoras, cepilladoras metálicas, sierras, etc., de una forma muy genérica.

A) Riesgos detectables más comunes.

- Cortes.
- Quemaduras.
- Golpes.
- Proyección de fragmentos.
- Caída de objetos.
- Contacto con la energía eléctrica.
- Vibraciones.
- Ruido.
- Otros.

B) Normas o medidas preventivas colectivas tipo.

- Las máquinas–herramientas eléctricas a utilizar en esta obra, estarán protegidas eléctricamente mediante doble aislamiento.

- Los motores eléctricos de las máquinas-herramientas estarán protegidos por la carcasa y resguardos propios de cada aparato, para evitar los riesgos de atrapamientos, o de contacto con la energía eléctrica.
- Las transmisiones motrices por correas, estarán siempre protegidas mediante bastidor que soporte una malla metálica, dispuesta de tal forma, que permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.
- Las máquinas en situación de avería o de semiavería se entregarán al Servicio de Prevención para su reparación.
- Las máquinas-herramienta con capacidad de corte, tendrán el disco protegido mediante una carcasa antiproyecciones.
- Las máquinas-herramienta no protegidas eléctricamente mediante el sistema de doble aislamiento, tendrán sus carcasas de protección de motores eléctricos, etc., conectadas a la red de tierras en combinación con los disyuntores diferenciales del cuadro eléctrico general de la obra.
- En ambientes húmedos la alimentación para las máquinas-herramienta no protegidas con doble aislamiento, se realizará mediante conexión a transformadores a 24 V.
- Se prohíbe el uso de máquinas-herramientas al personal no autorizado para evitar accidentes por impericia.
- Se prohíbe dejar las herramientas eléctricas de corte o taladro, abandonadas en el suelo, o en marcha aunque sea con movimiento residual en evitación de accidentes.

C) Prendas de protección personal recomendables.

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Guantes de seguridad.
- Guantes de goma o de P.V.C.
- Botas de goma o P.V.C.
- Botas de seguridad.
- Gafas de seguridad antiproyecciones.
- Protectores auditivos.
- Mascarilla filtrante.
- Máscara antipolvo con filtro mecánico o específico recambiable.

12.2.1.7.7.6 Herramientas manuales

Riesgos detectables más comunes.

- Golpes en las manos y los pies.
- Cortes en las manos.
- Proyección de partículas.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.

Normas o medidas preventiva tipo.

- Las herramientas manuales se utilizarán en aquellas tareas para las que han sido concebidas.
- Antes de su uso se revisarán, desechándose las que no se encuentren en buen estado de conservación.
- Se mantendrán limpias de aceites, grasas y otras sustancias deslizantes.
- Para evitar caídas, cortes o riesgos análogos, se colocarán en portaherramientas o estantes adecuados.
- Durante su uso se evitará su depósito arbitrario por los suelos.

- Los trabajadores recibirán instrucciones concretas sobre el uso correcto de las herramientas que hayan de utilizar.

Prendas de protección personal recomendables.

- Cascos.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero o P.V.C.
- Ropa de trabajo.
- Gafas contra proyección de partículas.
- Cinturones de seguridad.
- Los riesgos que por distintos motivos no puedan ser eliminados, deberán enumerarse especificándose las medidas preventivas y protecciones tanto individuales como colectivas que se proponen.

12.2.1.8 Mantenimiento

En este apartado se incluyen todas las operaciones de reparación, conservación y mantenimiento una vez concluidas las obras.

A continuación, se indican los criterios que deben tenerse en cuenta en la programación de las acciones que la Propiedad, mediante personal adecuado o técnico competente, deberá planificar y realizar periódicamente en el proceso de explotación.

12.2.1.8.1 Legislación vigente

Se tendrán en cuenta la reglamentación vigente de ámbito estatal, autonómico y local, relativa a la ejecución de los trabajos que deben realizarse para llevar a cabo los cuidados de manutención, repaso y reparaciones durante el proceso de explotación, así como las correspondientes condiciones de seguridad a tener en cuenta en estas actividades.

En el momento de la programación periódica de estas actividades, el responsable encargado por la Propiedad, comprobará la vigencia de las previsiones y actualizará, si es posible, aquellos aspectos que hubieran sido innovados por la autoridad competente.

Los ámbitos de cobertura serán los definidos por la normativa vigente, en cada momento, tal como a título de ejemplo, se expresa a continuación:

- Reglamento electrónico para baja tensión e Instrucciones Técnicas complementarias que lo desarrollan.
- Reglamento de redes de acometidas y aparatos de combustibles gaseosos e Instrucciones que lo desarrollan.
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria e Instrucciones Técnicas complementarias que los desarrollan
- Reglamento de aparatos a presión e Instrucciones Técnicas complementarias.
- Norma Básica de la Edificación NBE-CPI-91, Condiciones de protección contra Incendios.
- Hojas de mantenimiento y Condiciones de Seguridad de las Normas Tecnológicas de la Edificación NTE.
- Ordenanzas de trabajo, Seguridad e Higiene.
- Reglamentación sobre señalización, medios de protección personal y colectiva.
- Reglamento de aparatos y maquinaria para obras.
- Ordenanzas municipales.
- Normas Técnicas Reglamentarias MT de la Dirección General de Trabajo.
- Etc....

12.2.1.8.2 Limitaciones de uso

Durante el uso se evitaban aquellas actuaciones que puedan alterar las condiciones iniciales para las que fue previsto y por tanto, producir deterioros o modificaciones substanciales en su funcionalidad.

12.2.1.8.3 Precauciones, cuidados y manutención

En función de la tipología, sus características constructivas y equipamiento de que dispongan, se señalarán las precauciones más características que deban tomarse en consideración, los cuidados y prestaciones que deben realizarse, así como la manutención necesaria, señalando para cada una de estas actuaciones la periodicidad aconsejable con que deben realizarse para conservar en correcto estado de explotación.

12.2.1.8.4 Cerramientos

Precauciones

- No fijar elementos pesados ni cargar o transmitir empujes sobre el cerramiento
- Evitar humedades perniciosas permanentes o habituales
- No efectuar rozas que disminuyan la sección del cerramiento
- No abrir huecos en los cerramientos
- Etc...

Cuidados

- Vigilar la aparición de grietas, desplomes o cualquier otra anomalía
- Vigilar el estado de los materiales
- Comprobar el estado de relleno de juntas y material de sellado
- Limpieza
- Inspección de los elementos fijos de seguridad en cerramientos, tales como ganchos de servicio, escaleras de pates, etc...
- Etc...

Manutención

- Material de relleno de juntas y material de sellado
- Productos de limpieza
- Etc...

12.2.1.8.5 Instalación de iluminación

Preparaciones

- Evitar modificaciones en la instalación
- Desconectar el suministro de electricidad antes de manipular la red
- Desconectar la red en ausencias prolongadas
- No aumentar el potencial en la red por encima de las previsiones
- Evitar humedades perniciosas permanentes o habituales

Cuidados

- Comprobar los dispositivos de protección
- Comprobar las intensidades nominales en la relación con la sección de los conductos
- Comprobar el aislamiento y la continuidad de la instalación interior
- Comprobar la resistencia de la puesta a tierra
- Comprobar el estado de las conexiones de la línea principal y de las barras de puesta a tierra
- Limpieza de luminarias
- Vigilar el estado de los materiales

Manutención

- Suministro de energía eléctrica
- Productos de limpieza

12.2.1.8.6 Instalación de almacenamiento y suministro de aguas pluviales

Preparaciones

- Evitar modificaciones de la red

Cuidados

- Limpieza de canalones, bajantes y arquetas
- Limpieza e inspección del depósito acumulador y de sus componentes
- Comprobar el funcionamiento de los cierres hidráulicos y del resto de elementos que forman la red
- Vigilar la estanquidad de la red
- Limpieza de los filtros separadores
- Vigilancia e inspección del estado de los materiales

Manutención

- Productos de limpieza

12.2.1.8.7 Instalación de Calefacción

Preparaciones

- Evitar modificaciones en la instalación
- Desconectar el suministro de electricidad y comprobar que las calderas no están funcionando y las válvulas de corte están cerradas antes de manipular la instalación.
- Desconectar la red en ausencias prolongadas
- Evitar humedades perniciosas permanentes o habituales

Cuidados

- Comprobar los dispositivos de protección
- Comprobar los parámetros de funcionamiento de los generadores de calor
- Comprobar el aislamiento y la continuidad de la instalación interior
- Comprobar la resistencia de la puesta a tierra
- Limpieza del local
- Vigilar el estado de los materiales

Manutención

- Suministro de combustible
- Productos de limpieza

12.2.2 Pliego de Condiciones

12.2.2.1 Normativa legal de aplicación

El “ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES EXISTENTES EN LA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE LA UDC MEDIANTE EL USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS.”, objeto del estudio de seguridad, estará regulado a lo largo de su ejecución por los textos que a continuación se citan, siendo de obligado cumplimiento para las partes implicadas.

12.2.2.1.1 Generales

- Ley 54/2003, de 12 de Diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales (BOE nº298, de 13/12/2003).
- Capítulo XVI: Seguridad e Higiene; secciones 1ª, 2ª y 3ª de la Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica. (O.M. de 28 de agosto de 1.970)
- Ley 31/1995 de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos. Parte I: Servicio de Prevención.
- Título II (Capítulos I a XII): Condiciones Generales de los Centros de Trabajo y de los Mecanismos y Medidas de Protección.
- Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 1627/97 de 24 de octubre de 1997, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y de Salud en las Obras de Construcción.
- Ordenanzas municipales.

12.2.2.1.2 Señalizaciones

- Real Decreto 485/97, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

12.2.2.1.3 Equipos de protección individual

- Real Decreto 1.407/1.992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual-EPI. Modificado por: Real Decreto 159/1995, de 3 de febrero.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, del Ministerio de Presidencia, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual (BOE 12/06/1997)
- Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los estados miembros sobre máquinas. BOE 11/12/1992. Modificado por: Real Decreto 56/1995. BOE 8/2/1995.
- Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales. BOE 2/12/2000.

12.2.2.1.4 Equipos de obra

- Real Decreto 1215/1.997, de 18 de julio, del Ministerio de Presidencia por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (BOE 07/08/1997).
- Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. BOE 13/11/2004.

12.2.2.1.5 Seguridad en máquinas y herramientas

- Real Decreto 1.435/1.992 de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas. Modificado por R.D. 56/1.995, de 20 de enero.
- Real Decreto 1.495/1.986, de 26 de Mayo, aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas. Modificado por: Real Decreto 830/1991.

- Orden de 8 de Abril de 1991, por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria MSG-SM-1 del Reglamento de Seguridad en las Máquinas, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección, usados.
- Real Decreto 1.215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

12.2.2.1.6 Protección acústica y ambientes de trabajo

- Real Decreto 1.316/1.989, del Mº de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno. 27/10/1.989. Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo.
- Real Decreto 245/1.989, del Mº de Industria y Energía. 27/02/1.989. Determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado material y maquinaria para construcción. Modificado por la Orden de 18 de julio de 1991 y Real Decreto 71/1992.
- Orden del Mº de Industria y Energía. 17/11/1.989. Modificación del Real Decreto 245/1.989, 27/02/1.989.
- Real Decreto 71/1.992, del Mº de Industria, 31/01/1.992. Se amplía el ámbito de aplicación del Real Decreto 245/1.989, 27/02/1.989, y se establecen nuevas especificaciones técnicas de determinados materiales y maquinaria de obra.
- Orden del Mº de Industria y Energía. 29/03/1.996. Modificación del Anexo I del Real Decreto 245/1.989.
- Directiva del Consejo, de 26 de noviembre de 1990, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos, durante el trabajo.
- Directiva de la Comisión, de 29 de mayo de 1991, relativa al establecimiento de valores límite de carácter indicativo, mediante la aplicación de la Directiva 80/1107/CEE del Consejo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo.
- Directiva del Consejo, de 12 de octubre de 1993, por la que se modifica la Directiva 90/679/CEE, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo (Séptima Directiva específica).
- Real Decreto 664/1997, de 12 de mayo, en el que se establecen las normas sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.

12.2.2.1.7 Electricidad

- Decreto 2.413/1.973, de 20 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. Modificado por: Decreto 2.295/1.985 de 9 de octubre.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Decreto 2413/1973.
- Real Decreto 614/2.001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

12.2.2.1.8 Movimiento manual de cargas

- Decreto de 26 de julio de 1957, que aprueba el Reglamento de trabajos prohibidos a menores por peligrosos e insalubres.
- Instrumento de ratificación del Convenio 127, relativo al peso máximo de la carga que puede ser transportada por un trabajador, de 7 de junio de 1967.

- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.

12.2.2.1.9 Otras disposiciones de aplicación

- Orden de 20/09/1.986: Modelo de libro de Incidencias correspondiente a las obras en que sea obligatorio un Estudio de Seguridad y Salud en el trabajo.
- Orden de 6/05/1.988: Requisitos y datos de las comunicaciones de apertura previa o reanudación de actividades de empresas y centros de trabajo.

12.2.2.2 Obligaciones de las partes implicadas

12.2.2.2.1 De la propiedad

La propiedad, viene obligada a incluir el presente Estudio de Seguridad y Salud, como documento adjunto del Proyecto de Obra.

El promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto de obra cuando en la elaboración del mismo intervengan varios proyectistas.

Cuando en la ejecución de la obra intervenga más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o varios trabajadores autónomos, el promotor, antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

La inclusión en el proyecto de ejecución de obra de un Estudio de Seguridad y Salud será requisito necesario para el visado de aquel en el colegio profesional correspondiente, así como para la expedición de la licencia municipal, demás autorizaciones y trámites por parte de las Administraciones Públicas.

Asimismo, abonará a la Empresa Constructora, previa certificación del Coordinador de Seguridad y Salud, las partidas que se incluyan durante la redacción del “Presupuesto” del Plan de Seguridad y Salud. Si se implantasen elementos de seguridad, no incluidos en el Presupuesto, durante la realización de la obra, éstos se abonarán igualmente a la Empresa Constructora, previa autorización del Coordinador de Seguridad y Salud.

Por último, la Propiedad vendrá obligada a abonar al Coordinador de Seguridad y Salud, los honorarios devengados en concepto de implantación, control y valoración del Plan de Seguridad y Salud.

12.2.2.2.2 De la empresa constructora

La/s Empresa/s Contratista/s viene/n obligada/s a cumplir las directrices contenidas en el Estudio de Seguridad y Salud, a través del/los Plan/es de Seguridad y Salud, coherente/s con el anterior y con los sistemas de ejecución que la misma vaya a emplear. El Plan de Seguridad y Salud, contará con la aprobación del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra, y será previo al comienzo de la obra.

La/s Empresa/s Contratista/s, cumplirá/n las estipulaciones preventivas del Estudio y el Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de los daños que se deriven de la infracción del mismo por su parte o de los posibles subcontratistas y empleados.

El Contratista estará obligado responsablemente a cumplir y a hacer cumplir a su personal y al personal de los posibles gremios o empresas subcontratadas, empresas de suministros, transporte, mantenimiento o cualquier otra, todas las disposiciones y normas legales existentes a nivel internacional, estatal, autonómico, provincial y local que sean de aplicación y estén vigentes o entren en vigencia durante la realización de la obra.

Todo lo que sin apartarse del espíritu general del Proyecto ordene la Promoción o la Dirección Facultativa será ejecutado obligatoriamente por el Contratista aún cuando no esté estipulado expresamente en el mismo.

En ningún caso podrá deducirse relación contractual alguna entre las subcontratas o cualquier empresa de

suministros, transporte, mantenimiento u otras y la Promotora como consecuencia del desarrollo de aquellos trabajos parciales correspondientes al subcontrato o a compras y pedidos. El Contratista será, en todo caso, responsable de las actividades de las citadas empresas y de las obligaciones derivadas.

Es responsabilidad del Contratista la ejecución correcta de las medidas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de las consecuencias que se deriven tanto el Contratista como las subcontratas o similares (suministro, transporte, mantenimiento u otras) que en la obra existieran respecto a las inobservancias de dichas medidas que fueren a los segundos imputables.

El Contratista, o el Contratista y las subcontratas solidariamente, será el único responsable frente al propio personal y la Administración, Organismos Públicos y privados o cualquier otro ente y/o persona física o jurídica de la correcta aplicación y cumplimiento de las obligaciones derivadas de la legislación vigente, especialmente en materia laboral y de seguridad e higiene. Esta responsabilidad se extiende en caso de accidente sufrido durante la realización de los trabajos.

El Contratista, o el Contratista y las subcontratas solidariamente, responderán íntegramente con entera indemnidad de la Promoción y de la Dirección, aún cuando cualquiera de estas últimas, una de ellas o las dos, fueran solidariamente sancionadas.

El Contratista, o el Contratista y las subcontratas solidariamente, será el único responsable de los daños y

perjuicios, de cualquier índole, causados a terceras personas, bienes o servicios con motivo de los trabajos.

El Contratista no podrá ceder ni traspasar ninguna de las obligaciones responsables asumidas a terceras personas sin el previo consentimiento escrito y expreso de la Promoción.

Por el hecho de autorizarse la cesión o traspaso citados en el punto anterior, el Contratista no quedará relevado bajo ningún concepto de las obligaciones y responsabilidades que pudieran derivarse para la Promoción o para la Dirección por las acciones u omisiones cometidas por el tercero subrogado, respondiendo en su mérito solidariamente con este.

Son obligaciones generales del Contratista, y de los posibles subcontratistas y similares (suministros, transporte, mantenimiento u otras) si los hubiera, cumplir con lo establecido por la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y cuantas, en materia de Seguridad y Salud Laboral, fueran de aplicación en los centros o lugares de trabajo de la Empresa, por razón de las actividades laborales que en ella se realicen.

La empresa constructora viene obligada a cumplir las directrices contenidas en el Estudio de Seguridad y Salud, a través del Plan de Seguridad y Salud, coherente con el anterior y con los sistemas de ejecución que la misma vaya a emplear. El Plan de Seguridad y Salud contará con la aprobación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, y será previo al comienzo de la obra.

12.2.2.2.3 De los trabajadores

Dispondrán de una adecuada formación sobre Seguridad y Salud Laboral mediante la información de los riesgos a tener en cuenta así como sus correspondientes medidas de prevención. La información deberá ser comprensible para los trabajadores afectados.

De acuerdo con el artículo 29 de la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las obligaciones de los trabajadores en materia de prevención de riesgos son las siguientes:

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean adoptadas, por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones del empresario, deberán en particular:

- Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, sustancias peligrosas, equipos de transporte y, en general, cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por el empresario, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
- No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
- Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.
- Cooperar con el empresario para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

El incumplimiento por los trabajadores de las obligaciones en materia de prevención de riesgos a que se refieren los apartados anteriores tendrá la consideración de incumplimiento laboral a los efectos previstos en el artículo 58.1 del Estatuto de los Trabajadores.

12.2.2.2.4 Del coordinador en materia de seguridad y salud durante la elaboración del proyecto

Al Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra le corresponderá el control y supervisión de la ejecución del Plan/es de Seguridad y Salud, autorizando previamente cualquier modificación de éste y dejando constancia escrita en el Libro de Incidencias.

Coordinará la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad:

- Al tomar las decisiones técnicas y de organización con el fin de planificar los distintos trabajos o fases de trabajo que vayan a desarrollarse simultánea o sucesivamente.
- Al estimar la duración requerida para la ejecución de estos distintos trabajos o fases de trabajo.

Coordinará las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y

responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra y, en particular, en las tareas o actividades a que se refiere el artículo 10 del Real Decreto 1626/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.

Aprobará el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones contenidas en el mismo.

Organizará la coordinación de actividades empresariales prevista en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Coordinará las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.

Adoptará las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

Periódicamente, según lo pactado, se realizarán las pertinentes certificaciones del Presupuesto de Seguridad, poniendo en conocimiento de la Propiedad y de los organismos competentes, el incumplimiento, por parte de la/s Empresa/s Contratista/s, de las medidas de Seguridad contenidas en el Estudio de Seguridad y Salud.

12.2.2.3 Organización general de la seguridad y salud durante la ejecución de la obra

12.2.2.3.1 Servicios de prevención

Conforme a la Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las empresas que intervengan en la ejecución de la obra designarán sus representantes en materia de seguridad y salud.

El empresario deberá nombrar persona o persona encargada de prevención en la obra dando cumplimiento a lo señalado en el artículo 30 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Los trabajadores designados deberán tener la capacidad necesaria, disponer del tiempo y de los medios precisos y ser suficientes en número, teniendo en cuenta el tamaño de la empresa, así como los riesgos a que están expuestos los trabajadores y su distribución en la misma.

Los servicios de prevención deberán estar en condiciones de proporcionar a la empresa el asesoramiento y apoyo que precise en función de los tipos de riesgo en ella existentes y en lo referente a:

- El diseño, aplicación y coordinación de los planes y programas de actuación preventiva.
- La evaluación de los factores de riesgo que puedan afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores en los términos previstos en el artículo 16 de esta Ley.
- La determinación de las prioridades en la adopción de las medidas preventivas adecuadas y la vigilancia de su eficacia.
- La información y formación de los trabajadores.
- La prestación de los primeros auxilios y planes de emergencia.
- La vigilancia de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos derivados del trabajo.

El servicio de prevención tendrá carácter interdisciplinario, debiendo sus medios ser apropiados para cumplir sus funciones. Para ello, la formación, especialidad, capacitación, dedicación y número de componentes de estos servicios así como sus recursos técnicos,

deberán ser suficientes y adecuados a las actividades preventivas a desarrollar, en función de las siguientes circunstancias:

- Tamaño de la empresa
- Tipos de riesgo que puedan encontrarse expuestos los trabajadores
- Distribución de riesgos en la empresa

12.2.2.3.2 Seguros de responsabilidad civil y todo riesgo en obra

El contratista debe disponer de cobertura de responsabilidad civil en el ejercicio de su actividad industrial, cubriendo el riesgo inherente a su actividad como constructor por los daños a terceras personas de los que pueda resultar responsabilidad civil extracontractual a su cargo, por hechos nacidos de culpa o negligencia; imputables al mismo o a las personas de las que debe responder. Se entiende que esta responsabilidad civil debe quedar ampliada al campo de la responsabilidad civil patronal.

El contratista viene obligado a la contratación de un Seguro, en la modalidad de todo riesgo a la construcción, durante el plazo de ejecución de la obra con ampliación a un periodo de mantenimiento de un año, contado a partir de la fecha de terminación definitiva de la obra.

12.2.2.3.3 Formación

Todo el personal que realice su cometido en las fases de cimentación, estructura y albañilería en general, deberá realizar un curso de Seguridad y Salud en la Construcción, en el que se les indicarán las normas generales sobre Seguridad y Salud que en la ejecución de esta obra se van a adoptar.

Esta formación deberá ser impartida por los Jefes de Servicios Técnicos o mandos intermedios, recomendándose su complementación por instituciones tales como los Gabinetes de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Mútua de Accidentes, etc.

Por parte de la Dirección de la empresa en colaboración con el Coordinador de Seguridad y Salud en ejecución de obra, se velará para que el personal sea instruido sobre las normas particulares que para la ejecución de cada tarea o para la utilización de cada máquina, sean requeridas.

Se impartirá al personal de obra, al comienzo de la misma y posteriormente con carácter periódico, charlas (o cursillos) sobre Seguridad y Salud Laboral, referidas a los riesgos inherentes a la obra en general.

Se impartirán charlas (o cursillos) específicas al personal de los diferentes gremios que intervengan en la obra, con explicación de los riesgos existentes y normas y medidas preventivas a utilizar.

Se informará a todo el personal que intervenga en la obra, sobre la existencia de productos inflamables, tóxicos, etc. y medidas a tomar en cada caso.

12.2.2.3.4 Reconocimientos Médicos

Al ingresar en la empresa constructora todo trabajador deberá ser sometido a la práctica de un reconocimiento médico, el cual se repetirá con periodicidad máxima de un año.

Reconocimientos: Se deberá efectuar un reconocimiento médico a los trabajadores antes de que comiencen a prestar sus servicios en la obra, comprobando que son aptos (desde el punto de vista médico) para el tipo de trabajo que se les vaya a encomendar.

Periódicamente se efectuarán reconocimientos médicos a todo el personal de la obra.

12.2.2.3.5 Partes

Informes de accidentes

Por cada accidente ocurrido, aunque haya sido sin baja, se rellenará un informe (independientemente y aparte del modelo oficial que se rellene para el envío a los Organismos Oficiales) en el que se especificarán los datos del trabajador, día y hora, lesiones sufridas, lugar donde ocurrió, maquinaria, maniobra o acción causante del accidente y normas o medidas preventivas a tener para evitar su repetición.

El informe deberá ser confeccionado por el responsable de seguridad de la obra, siendo enviadas copias del mismo a la Dirección Facultativa, constructor o Contratista Principal y Comité de Seguridad y Salud o Trabajadores Designados en tareas de Prevención de Riesgos.

Parte de deficiencias

El responsable de seguridad de la obra, emitirá periódicamente partes de detección de riesgos en los que se indicarán la zona de obra, los riesgos observados y las medidas de seguridad a implantar (o reparar) para su eliminación.

Copia de estas partes será enviada a la Dirección Facultativa, constructor o Contratista Principal y Comité de Seguridad y Salud o Trabajadores Designados en tareas de Prevención de Riesgos.

12.2.2.3.6 Libro de Incidencias

Con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud en la obra, existirá un libro de incidencias habilitado al efecto y facilitado por el Colegio Oficial al que pertenezca el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Dicho libro constará de hojas duplicadas.

Las anotaciones de dicho libro podrán ser efectuadas por el constructor o contratista principal, subcontratistas y trabajadores autónomos, por personas u órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas que intervengan en la obra, por los representantes de los trabajadores, por técnicos de Inspección de Trabajo y Seguridad Social, por la dirección facultativa. Dichas anotaciones estarán únicamente relacionadas con la inobservancia de las instrucciones y recomendaciones preventivas recogidas en el Plan de Seguridad y Salud.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el Coordinador en materia de Seguridad y Salud estará obligado a remitir, en el plazo de veinticuatro horas, una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y a notificar la anotación al contratista afectado y a los representantes de los trabajadores.

12.2.2.3.7 Paralización de los trabajos

Cuando el coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de trabajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

12.2.2.4 Condiciones técnicas de los medios de protección

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tendrán fijado un periodo de vida útil, desechándose a su término.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en una determinada prenda o equipo, se repondrá ésta, independientemente de la duración prevista o fecha de entrega.

Toda prenda o equipo de protección que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido (por ejemplo, por un accidente), será desechado y repuesto al momento.

Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán repuestas inmediatamente.

El uso de una prenda o equipo de protección nunca representará un riesgo en sí mismo.

12.2.2.4.1 Protección personal

Todo elemento de protección personal se ajustará al Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, del Ministerio de Presidencia sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

Todo elemento de protección personal dispondrá de marca CE siempre que exista en el mercado. En aquellos casos en que no exista la citada marca CE, serán de calidad adecuada a sus respectivas prestaciones.

El encargado del Servicio de Prevención dispondrá en cada uno de los trabajos en obra la utilización de las prendas de protección adecuadas.

El personal de obra deberá ser instruido sobre la utilización de cada una de las prendas de protección individual que se le proporcionen. En el caso concreto del cinturón de seguridad, será preceptivo que el Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de obra proporcione al operario el punto de anclaje o en su defecto las instrucciones concretas para la instalación previa del mismo.

Todas las prendas de protección personal o elementos de protección colectiva, tendrán fijado un período de vida útil, desechándose a su término. Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido en un determinado equipo o prenda, se repondrá el mismo, independientemente de la duración prevista o de la fecha de entrega. Toda prenda o equipo que haya sufrido un trato límite, es decir, el máximo para el que fue concebido será desechado y/o resuelto. Aquellas prendas que por su uso hayan adquirido más holguras o tolerancias de las admitidas por el fabricante, serán respuestas de inmediato.

12.2.2.4.2 Protecciones colectivas

12.2.2.4.2.1 Vallas de cierre

La protección de todo el recinto de la obra se realizará mediante vallas autónomas de limitación y protección.

Estas vallas se situarán en el límite de la parcela tal como se indica en los planos y entre otras reunirán las siguientes condiciones:

- Tendrán 2 metros de altura.
- Dispondrán de puerta de acceso para vehículos de 4 metros de anchura y puerta independiente de acceso de personal.
- La valla se realizará a base de pies de madera y mallazo metálico electrosoldado.

- Esta deberá mantenerse hasta la conclusión de la obra o su sustitución por el vallado definitivo.

12.2.2.4.2.2 Barandillas

En la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo en su artículo 23 se indican las condiciones que deben reunir las barandillas a utilizar en obra.

Entre otras:

- Las barandillas, plintos y rodapiés serán de materiales rígidos y resistentes.
- La altura de las barandillas será de 90cm sobre el nivel del pavimento y estará formada por una barra horizontal, listón intermedio y rodapié de 15cm de altura.
- Serán capaces de resistir una carga de 150Kg. por metro lineal.

12.2.2.4.2.3 Redes perimetrales

La protección del riesgo de caída al vacío por el borde perimetral del forjado en los trabajos de estructura y desencofrado, se hará mediante la utilización de redes perimetrales tipo bandeja.

La obligación de su utilización se deriva de lo dispuesto en la Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica en sus artículos 192 y 193.

Las redes deberán ser de poliamida o poliéster formando malla rómbica de 100 mm como máximo.

La cuerda perimetral de seguridad será como mínimo de 10 mm. y los módulos de red serán atados entre sí con cuerda de poliamida o poliéster como mínimo de 3 mm.

La red dispondrá, unida a la cuerda perimetral y del mismo diámetro de aquella, de cuerdas auxiliares de longitud suficiente para su atado a pilares o elementos fijos de la estructura.

Los soportes metálicos estarán constituidos por tubos de 50mm. de diámetro, anclados al forjado a través de la base de sustentación la cual se sujetará mediante dos puntales suelo-techo o perforando el forjado mediante pasadores.

Las redes se instalarán, como máximo, seis metros por debajo del nivel de realización de tareas, debiendo elevarse a medida que la obra gane altura.

12.2.2.4.2.4 Andamios tubulares

La protección de los riesgos de caída al vacío por el borde del forjado en los trabajos de cerramiento y acabados del mismo deberá realizarse mediante la utilización de andamios tubulares perimetrales.

Se justifica la utilización del andamio tubular perimetral como protección colectiva en base a que el empleo de otros sistemas alternativos como barandillas, redes, o cinturón de seguridad en base a lo dispuesto en los artículos 187, 192 y 193 de la Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica, y 151 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo en estas fases de obra y debido al sistema constructivo previsto no alcanzan el grado de efectividad que para la ejecución de la obra se desea.

El uso de los andamios tubulares perimetrales como medio de protección deberá ser perfectamente compatible con la utilización del mismo como medio auxiliar de obra, siendo condiciones técnicas las señaladas en el capítulo correspondiente de la memoria descriptiva y en los artículos 241 al 245 de la citada Ordenanza Laboral de la Construcción, Vidrio y Cerámica.

12.2.2.4.2.5 Señales de circulación

Cumplirán lo previsto en el artículo 701 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3/75, BOE 07/08/1976) y se atenderán a lo indicado en la norma 8-3-I-C. Señalización de obras (Orden 31/08/1987, BOE 18/11/1987).

12.2.2.4.2.6 Señales de seguridad

Se proveerán y colocarán de acuerdo con el Real Decreto 485/1997 de 14 de Abril, por el que se aprueba la norma sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE 23/04/1997).

12.2.2.4.2.7 Plataformas de trabajo

De acuerdo con el Art. Nº 221 de la O.L.C.V.C. las pasarelas y plataformas estarán construidas de forma resistente con ancho mínimo de tres tablones (60 cm.) perfectamente anclados y dotadas en su perímetro y zonas de riesgo de caída de personas y objetos a distinto nivel con las barandillas reglamentarias de acuerdo con el R.D. 1627/1997.

12.2.2.5 Condiciones técnicas de la maquinaria

La maquinaria dispondrá de todos los accesorios de prevención establecidos, serán manejados por personal especializado, se mantendrán en buen uso, para lo cual se someterán a revisiones periódicas y en caso de averías o mal funcionamiento se paralizarán hasta su reparación.

Los elementos de protección, tanto personales como colectivos deberán ser revisados periódicamente para que puedan cumplir eficazmente su función

Las máquinas con ubicación fija en obra, tales como la hormigonera serán las instaladas por personal competente y debidamente autorizado.

El mantenimiento y reparación de estas máquinas quedará, asimismo, a cargo de tal personal, el cual seguirá siempre las instrucciones señaladas por el fabricante de las máquinas.

Las operaciones de instalación y mantenimiento deberán registrarse documentalmente en los libros de registro pertinentes de cada máquina. De no existir estos libros para aquellas máquinas utilizadas con anterioridad en otras obras, antes de su utilización, deberán ser revisadas con profundidad por personal competente, asignándoles el mencionado libro de registro de incidencias.

Las máquinas con ubicación variable, tales como sierras, taladros, circular, vibrador, etc. deberán ser revisadas por personal experto antes de su uso en obra, quedando a cargo del Servicio de Prevención la realización del mantenimiento de las máquinas según las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

El personal encargado del uso de las máquinas empleadas en obra deberá estar debidamente autorizado para ello, proporcionándosele las instrucciones concretas de uso.

12.2.2.6 Condiciones técnicas de la instalación eléctrica

La instalación eléctrica provisional de obra se realizará siguiendo las pautas señaladas en los apartados correspondientes de la Memoria Descriptiva y de los Planos, debiendo ser realizada por empresa autorizada y siendo de aplicación lo señalado en el vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y Norma UNE 21.027.

Todas las líneas estarán formadas por cables unipolares con conductores de cobre y aislados con goma o policloruro de vinilo, para una tensión nominal de 1.000 voltios.

La distribución de cada una de las líneas, así como su longitud, secciones de las fases y el neutro son los indicados en el apartado correspondiente a planos.

Todos los cables que presenten defectos superficiales u otros no particularmente visibles, serán rechazados.

Los conductores de protección serán de cobre electrolítico y presentarán el mismo aislamiento que los conductores activos. Se instalarán por las mismas canalizaciones que estos. Sus secciones mínimas se establecerán de acuerdo con la tabla V de la Instrucción MI.BT 017, en función de las secciones de los conductores de fase de la instalación.

Los tubos constituidos de P.V.C. o polietileno, deberán soportar sin deformación alguna, una temperatura de 60° C.

Los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento, a saber:

- Azul claro: Para el conductor neutro:
- Amarillo/Verde: Para el conductor de tierra y protección.
- Marrón/Negro/Gris: Para los conductores activos o de fase.

En los cuadros, tanto principales como secundarios, se dispondrán todos aquellos aparatos de mando, protección y maniobra para la protección contra sobrecargas (sobrecarga y corte circuitos) y contra contactos directos e indirectos, tanto en los circuitos de alumbrado como de fuerza.

Dichos dispositivos se instalarán en los orígenes de los circuitos así como en los puntos en los que la intensidad admisible disminuya, por cambiar la sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipo de conductores utilizados.

Los aparatos a instalar son los siguientes:

- Un interruptor general automático magnetotérmico de corte omnipolar que permita su accionamiento manual, para cada servicio.
- Dispositivos de protección contra sobrecargas y corto circuitos. Estos dispositivos son interruptores automáticos magnetotérmicos, de corte omnipolar, con curva térmica de corte. La capacidad de corte de estos interruptores será inferior a la intensidad de corto circuitos que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Los dispositivos de protección contra sobrecargas y corto circuitos de los circuitos interiores tendrán los polos que correspondan al número de fases del circuito que protegen y sus características de interrupción estarán de acuerdo con las intensidades máximas admisibles en los conductores del circuito que protegen.

- Dispositivos de protección contra contactos indirectos que al haberse optado por sistema de la clase B, son los interruptores diferenciales sensibles a la intensidad de defecto. Estos dispositivos se complementarán con la unión a una misma toma de tierra de todas las masas metálicas accesibles. Los interruptores diferenciales se instalan entre el interruptor general de cada servicio y los dispositivos de protección contra sobrecargas y corto circuitos, a fin de que estén protegidos por estos dispositivos.

En los interruptores de los distintos cuadros, se colocarán placas indicadoras de los circuitos a que pertenecen, así como dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución y la alimentación directa a los receptores.

12.2.2.7 Normas para el manejo de herramientas eléctricas

Todas las máquinas y herramientas eléctricas que no posean doble aislamiento, deberán estar conectadas a tierra.

El circuito al cual se conecten, debe estar protegido por un interruptor diferencial de 0,03 amperios de sensibilidad.

Los cables eléctricos, conexiones, etc. deberán estar en perfecto estado, siendo conveniente revisarlos con frecuencia.

Cuando se cambien útiles, se hagan ajustes o se efectúen reparaciones, se deben desconectar del circuito eléctrico, para que no haya posibilidad de ponerlas en marcha involuntariamente.

Si se necesita usar cables de extensión se deben hacer las conexiones empezando en la herramienta y siguiendo hacia la toma de corriente.

Cuando se usen herramientas eléctricas en zonas mojadas, se deben utilizar con el grado de protección que se especifica en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Nunca se deben dejar funcionando las herramientas eléctricas portátiles, cuando no se están utilizando. Al apoyarlas sobre el suelo, andamios, etc., deben desconectarse.

Las herramientas eléctricas (taladro, rotaflex, etc.) no se deben llevar colgando agarradas del cable.

Cuando se pase una herramienta eléctrica portátil de un operario a otro, se debe hacer siempre a máquina parada y a ser posible dejarla en el suelo para que el otro la coja y no mano a mano, por el peligro de una posible puesta en marcha involuntaria.

12.2.2.8 Normas para el manejo de herramientas de mano

Mantener las herramientas en buen estado de conservación.

Cuando no se usan, tenerlas recogidas en cajas o cinturones porta-herramientas.

No dejarlas tiradas por el suelo, en escaleras, bordes de forjados o andamios, etc.

Usar cada herramienta únicamente para el tipo de trabajo para el cual está diseñada. No utilice la llave inglesa como martillo, el destornillador como cincel o la lima como palanca, pues hará el trabajo innecesariamente peligroso.

Los mangos de las herramientas deben ajustar perfectamente y no estar rajados.

Las herramientas de corte deben mantenerse perfectamente afiladas.

12.2.2.9 Normas técnicas a cumplir por los medios auxiliares y de mantenimiento

- Previsiones en los medios auxiliares

Los medios auxiliares de obra corresponden a la ejecución y no a las medidas y equipos de seguridad, si bien deben cumplir adecuadamente las funciones de seguridad.

- Andamios y plataformas en general

Todos los andamios deben estar aprobados por la Dirección Técnica de Obra.

Antes de su primera utilización, el Jefe o Encargado de las obras someterá el andamiaje a una prueba de plena carga, posterior a efectuar un riguroso reconocimiento de cada uno de los elementos que lo componen.

Diariamente y antes de comenzar los trabajos, el encargado de los tajes deberá realizar una inspección ocular de los distintos elementos que puedan dar origen a accidentes, tales como apoyos, plataformas de trabajo, barandillas y en general todos los elementos sometidos a esfuerzo.

En todo momento se mantendrá acotada la zona inferior a la que se realizan los trabajos, y si eso no fuera suficiente, para evitar daños a terceros, se mantendrá una persona como vigilante.

Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm. de anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamiento o vuelco.

Las plataformas de trabajo ubicadas a 2 o más metros de altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm. de altura, formadas por pasamanos, barra o listón intermedio y rodapié.

- Andamios tubulares

Los apoyos en el suelo se realizarán sobre zonas que no ofrezcan puntos débiles, por lo que es preferible usar durmientes de madera o bases de hormigón que repartan las cargas sobre una mayor superficie y ayuden a mantener la horizontalidad de la plataforma de trabajo.

Se dispondrán varios puntos de anclaje distribuidos por cada cuerpo de andamio y cada planta de la obra, para evitar vuelcos, a partir de los 5 m. de altura.

Todos los cuerpos del conjunto deberán disponer de arriostramientos del tipo de "Cruces de San Andrés". Este arriostramiento no se puede considerar una protección para la plataforma de trabajo.

Durante el montaje, se vigilará el grado de apriete de cada abrazadera para que sea el idóneo, evitando tanto que no sea suficiente y pueda soltarse, como que sea excesivo y pueda partirse.

Los trabajos de montaje y desmontaje, se realizarán con cinturones de seguridad y dispositivos anti-caída, y por los operarios especialistas de la casa suministradora de los andamios.

- Plataformas de trabajo en andamios tubulares

El ancho mínimo será de 60 cm.

Los elementos que la compongan se fijarán, a la estructura portante, de modo que no puedan darse basculamientos u otros movimientos peligrosos.

Su perímetro se protegerá mediante barandillas resistentes de 90 cm. de altura. con rodapiés de 20 cm. de altura para evitar posibles caídas de materiales, así como con otra barra o listón intermedio que cubra el hueco que queda entre ambas.

Si la plataforma se realiza con madera, será sana, sin nudos ni grietas que puedan dar lugar a roturas, siendo el espesor mínimo de 5 cm.

Si son metálicas deberán tener una resistencia suficiente al esfuerzo a que van a ser sometidas

Se cargarán, únicamente, los materiales necesarios para asegurar la continuidad del trabajo.

Los accesos a la plataforma de trabajo se realizarán mediante escalera adosada o integrada, no debiendo

utilizarse para este fin los travesaños laterales de la estructura del andamiaje, los cuales sirven únicamente para montaje del andamio.

- Andamios de borriquetas

Este tipo de andamios y plataformas deberán reunir las mejores condiciones de apoyo y estabilidad, e irán

arriostrados de manera eficaz de forma que eviten basculamientos, el piso será resistente y sin desniveles peligrosos.

Hasta 3 m. de altura podrán emplearse sin arriostramiento.

Cuando se empleen en lugares con riesgo de caída desde más de 2 m. de altura o se utilicen para trabajos en techos, se dispondrán barandillas resistentes de 90 c. de altura (sobre el nivel de la citada plataforma de trabajo) y rodapiés de 20 cm.

Esta protección se fijará en todos los casos en que el andamio esté situado en la inmediata proximidad de un hueco abierto (balcones, ventanas, huecos de escalera, plataformas abiertas) o bien se colocarán en dichos huecos barandillas de protección

No se utilizarán ladrillos ni otro tipo de materiales quebradizos para calzar los andamios, debiendo hacerlo, cuando sea necesario, con tacos de madera convenientemente sujetos.

- Plataformas de trabajo sobre las borriquetas

Se realizarán con madera sana, sin nudos y grietas que puedan ser origen de roturas.

El espesor mínimo de los tablones será de 5 cm.

El ancho mínimo del conjunto será de 60 cm.

Los tablones se colocarán y atarán de manera que no puedan darse basculamientos u otros movimientos peligrosos.

Los tablones, en su apoyo sobre las borriquetas, no presentarán más voladizo que el necesario para atarlos.

Se cargarán únicamente los materiales necesarios para asegurar la continuidad del trabajo.

- Escaleras portátiles

Los largueros serán de una sola pieza y estarán sin deformaciones o abolladuras que puedan mermar su seguridad.

Las escaleras metálicas estarán pintadas con pinturas antioxidación que las preserven de las agresiones de la intemperie.

Las escaleras metálicas a utilizar en esta obra, no estarán suplementadas con uniones soldadas.

El empalme de escaleras metálicas se realizará mediante la instalación de los dispositivos industriales fabricados para tal fin.

Escaleras de mano

Se prohíbe la utilización de escaleras de mano para salvar alturas superiores a 5 m.

Está prohibido el acceso a lugares de altura igual o superior a 7 m. mediante el uso de escaleras de mano sin largueros reforzados en el centro, contra oscilamientos.

Las escaleras de mano, estarán dotadas en su extremo inferior de zapatas antideslizantes de seguridad.

Las escaleras de mano, estarán firmemente amarradas en su extremo superior al objeto o estructura al que dan acceso.

Las escaleras de mano sobrepasarán en 1 m. la altura a salvar. Esta cota se medirá en vertical desde el plano de desembarco, al extremo superior del larguero.

Las escaleras de mano se instalarán de tal forma, que su apoyo inferior diste de la proyección vertical del superior, 1/4 de la longitud del larguero entre apoyos.

12.2.2.10 Normas para la certificación de elementos de seguridad

Junto a la certificación de ejecución se extenderá la valoración de las partidas que, en material de Seguridad, se hubiesen realizado en la obra; la valoración se hará conforme a este Estudio y de acuerdo con los precios contratados por la propiedad. Esta valoración será aprobada por la Dirección Facultativa y sin este requisito no podrá ser abonada por la Propiedad.

El abono de las certificaciones expuestas en el párrafo anterior se hará conforme se estipule en el contrato de obra.

En caso de ejecutar en obra unidades no previstas en el presente presupuesto, se definirán total y correctamente las mismas y se les adjudicará el precio correspondiente procediéndose para su abono, tal y como se indica en los apartados anteriores.

En caso de plantearse una revisión de precios, el Contratista comunicará esta proposición a la Propiedad por escrito, habiendo obtenido la aprobación previa de la Dirección Facultativa.

12.2.2.11 Plan de seguridad y salud

El/los Contratista/s está/n obligado/s a redactar un Plan/es de Seguridad y Salud, adaptando este Estudio a sus medios y métodos de ejecución.

Este Plan de Seguridad y Salud deberá contar con la aprobación expresa del Coordinador de seguridad y salud en ejecución de la obra, a quien se presentará antes de la iniciación de los trabajos.

Una copia del Plan deberá entregarse al Servicio de Prevención y Empresas subcontratistas.

